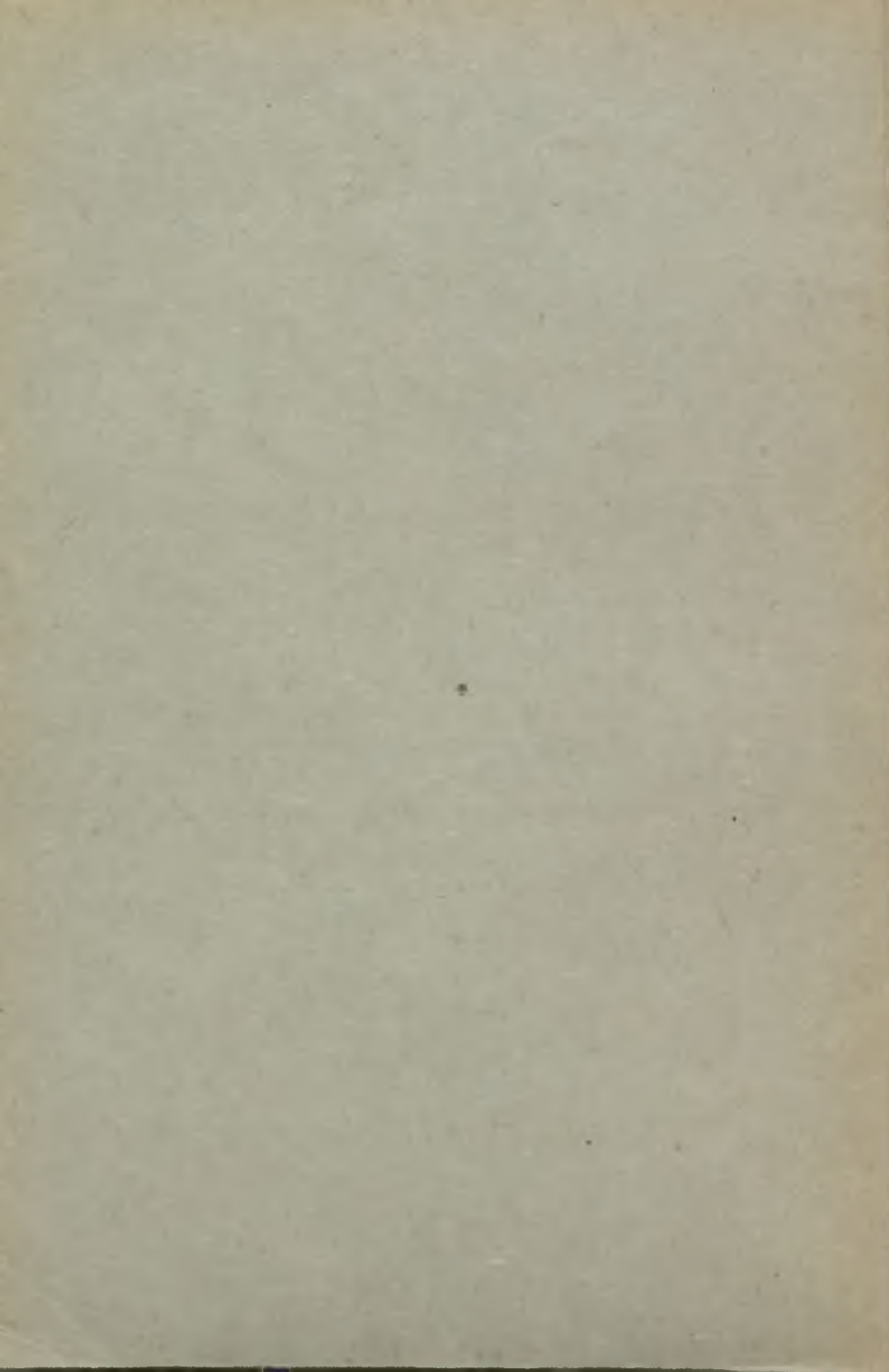


302268

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV AZ 1954. ÉVRE

Tartalomjegyzékből:

Róka Gedeon: Csillagászat és dialektika.
— Herczeg Tibor: Az égitestek rádiófrekvenciás sugár-
zása. — Guman István: Távolságmérés a változó
csillagok segítségével. — Dezső Lóránt—Gerlei Ottó:
A naptevékenység és a bolygók. — Csada Imre:
A csillagok mágnessége. — Zerinváry Szilárd: A szov-
jet csillagászat új eredményei.



CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV AZ 1954. ÉVRE

SZERKESZTETTE

A TÁRSADALOM ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI
ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT CSILLAGÁSZATI
SZAKOSZTÁLYA



MŰVELT NÉP KÖNYVKIADÓ
BUDAPEST, 1954



A kiadásért felel a Művelt Nép Könyvkiadó Igazgatója

Felelős szerkesztő: Neu Piroska

Műszaki vezető: Löblin Imre

Kézirat beérkezett: 1953. XI. 27. Példányszám: 1500. — Imprimálva: 1954. II. 5.

Terjedelme: 17.5 (A/5) ív

Ez a könyv a MNOSZ 5601—50Á és 5602—50Á szabványok szerint készült.

Budapesti Szikra Nyomda, V., Honvéd-u. 10. — 16078

Felelős vezető: Lengyel Lajos igazgató

CSILLAGÁSZATI ADATOK

AZ 1954. ÉVRE

Összeállították: Csada Imre és Guman István tudományos kutatók, Mersits József tudományos munkaerő a Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézeténél

I. JANUÁR

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	P	1	1	7 32	11 47	16 03	4 12	12 41	☉ 2 21
2	Sz		2	7 32	11 48	16 05	5 18	13 22	
3	V		3	7 32	11 48	16 06	6 17	14 16	
4	H		4	7 32	11 49	16 06	7 10	15 20	
5	K		5	7 32	11 49	16 07	7 52	16 34	
6	Sz	2	6	7 32	11 50	16 08	8 25	17 52	
7	Cs		7	7 32	11 50	16 09	8 53	19 11	
8	P		8	7 31	11 51	16 10	9 16	20 30	
9	Sz		9	7 31	11 51	16 12	9 37	21 49	
10	V		10	7 30	11 51	16 13	9 58	23 07	
11	H	3	11	7 30	11 52	16 14	10 18	—	☾ 0 22
12	K		12	7 29	11 52	16 16	10 43	0 26	
13	Sz		13	7 29	11 52	16 17	11 11	1 46	
14	Cs		14	7 29	11 53	16 19	11 47	2 04	
15	P		15	7 28	11 53	16 20	12 32	4 19	
16	Sz	4	16	7 28	11 53	16 21	13 29	5 25	☉ 2 37
17	V		17	7 27	11 54	16 22	14 35	6 18	
18	H		18	7 26	11 54	16 24	15 47	7 00	
19	K		19	7 25	11 55	16 25	17 01	7 32	
20	Sz		20	7 24	11 55	16 27	18 12	7 57	
21	Cs	5	21	7 23	11 55	16 28	19 21	8 18	☾ 3 28
22	P		22	7 22	11 56	16 30	20 27	8 36	
23	Sz		23	7 22	11 56	16 31	21 31	8 53	
24	V		24	7 21	11 56	16 32	22 36	9 10	
25	H		25	7 20	11 56	16 34	23 43	9 27	
26	K		26	7 19	11 56	16 35	—	9 47	
27	Sz		27	7 17	11 57	16 37	0 47	10 10	
28	Cs		28	7 16	11 57	16 39	1 54	10 38	
29	P		29	7 15	11 57	16 40	3 00	11 15	
30	Sz		30	7 14	11 57	16 42	4 02	12 01	
31	V		31	7 13	11 57	16 43	4 58	13 00	

Nap: 2-án 9^h-kor földközeli.

Hold: 10-én 11^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'10'', 9

25-én 13^h-kor földtrávjában, látszólagos sugara: 14'47'', 8

H Ó N A P

0 ^b vil á g i d ő k o r						
Julián dátum 2434...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A N A P			A H O L D	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...743,5	6 40 26,47	18 44	— 23 04	16 18	15 11	— 22 37
744,5	6 44 23,03	18 48	22 59	16 18	16 04	24 54
745,5	6 48 19,60	18 53	22 54	16 18	17 00	25 58
746,5	6 52 16,16	18 57	22 48	16 18	17 58	25 38
747,5	6 56 12,73	19 01	22 42	16 18	18 56	23 50
748,5	7 00 09,30	19 06	22 35	16 18	19 54	20 38
749,5	7 04 05,85	19 10	22 28	16 18	20 49	16 14
750,5	7 08 02,41	19 14	22 21	16 18	21 43	10 54
751,5	7 11 58,96	19 19	22 13	16 18	22 35	— 4 59
752,5	7 15 55,51	19 23	22 04	16 18	23 26	+ 1 13
753,5	7 19 52,07	19 28	21 55	16 18	0 17	7 21
754,5	7 23 48,62	19 32	21 46	16 18	1 10	13 06
755,5	7 27 45,17	19 36	21 36	16 18	2 04	18 08
756,5	7 31 41,73	19 41	21 26	16 18	3 02	22 08
757,5	7 35 38,29	19 45	21 10	16 17	4 01	24 49
758,5	7 39 34,86	19 49	21 05	16 17	5 02	25 59
759,5	7 43 31,42	19 53	20 53	16 17	6 02	25 33
760,5	7 47 27,99	19 58	20 42	16 17	7 01	23 38
761,5	7 51 24,55	20 02	20 29	16 17	7 56	20 28
762,5	7 55 21,11	20 06	20 17	16 17	8 48	16 21
763,5	7 59 17,66	20 10	20 04	16 17	9 36	11 35
764,5	8 03 14,21	20 15	19 51	16 17	10 22	6 26
765,5	8 07 10,77	20 19	19 37	16 17	11 06	+ 1 09
766,5	8 11 07,32	20 23	19 23	16 17	11 50	— 4 06
767,5	8 15 03,87	20 27	19 09	16 17	12 33	9 09
768,5	8 19 00,42	20 31	18 54	16 17	13 17	13 51
769,5	8 22 56,97	20 36	18 39	16 16	14 03	18 02
770,5	8 26 53,53	20 40	18 24	16 16	14 52	21 33
771,5	8 30 50,09	20 44	18 08	16 16	15 44	24 10
772,5	8 34 46,65	20 48	17 52	16 16	16 38	25 42
773,5	8 38 43,21	20 52	— 17 35	16 16	17 35	— 25 56

I. FEBRUÁR

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	H	6	32	7 12	11 57	16 44	5 45	14 10	☉ 15 55
2	K		33	7 10	11 58	16 16	6 22	15 27	
3	Sz		34	7 09	11 58	16 48	6 53	16 48	
4	Cs		35	7 07	11 58	16 50	7 18	18 09	
5	P		36	7 06	11 58	16 51	7 41	19 30	
6	Sz	7	37	7 05	11 58	16 53	8 02	20 51	☾ 8 29
7	V		38	7 04	11 58	16 54	8 21	22 13	
8	H		39	7 02	11 58	16 55	8 47	23 34	
9	K		40	7 00	11 58	16 57	9 14	—	
10	Sz		41	6 59	11 58	16 59	9 49	0 55	
11	Cs	8	42	6 57	11 58	17 01	10 30	2 11	☉ 19 17
12	P		43	6 56	11 58	17 02	11 22	3 18	
13	Sz		44	6 55	11 58	17 04	12 24	4 13	
14	V		45	6 53	11 58	17 05	13 34	4 59	
15	H		46	6 51	11 58	17 07	14 45	5 33	
16	K	9	47	6 49	11 58	17 08	15 56	6 01	☉ 23 29
17	Sz		48	6 47	11 58	17 10	17 06	6 24	
18	Cs		49	6 45	11 58	17 12	18 12	6 42	
19	P		50	6 44	11 58	17 13	19 18	6 59	
20	Sz		51	6 43	11 58	17 14	20 24	7 16	
21	V	9	52	6 41	11 58	17 16	21 28	7 33	☉ 23 29
22	H		53	6 39	11 58	17 17	22 33	7 52	
23	K		54	6 37	11 58	17 19	23 39	8 13	
24	Sz		55	6 35	11 57	17 21	—	8 38	
25	Cs		56	6 34	11 57	17 23	0 45	9 11	
26	P	9	57	6 32	11 57	17 23	1 48	9 53	☉ 23 29
27	Sz		58	6 30	11 57	17 24	2 45	10 44	
28	V		59	6 28	11 57	17 26	3 35	11 46	

Hold: 6-án 7^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'24'', 6

22-en 8^h-kor földtrávolban, látszólagos sugara: 14'45'', 7

H Ó N A P

0 ^h v i l á g i d ő k o r						
Julián dátum 2434...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A N A P			Á H O L D	
		rekta- szczenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szczenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...774,5	8 42 39,77	20 56	—17 19	16 16	18 33	—24 44
775,5	8 46 36,33	21 00	17 02	16 16	19 31	22 05
776,5	8 50 32,89	21 04	16 44	16 16	20 28	18 05
777,5	8 54 29,45	21 08	16 27	16 15	21 23	12 58
778,5	8 58 26,00	21 12	16 09	16 15	22 17	7 04
779,5	9 02 22,55	21 16	15 51	16 15	23 11	— 0 44
780,5	9 06 19,10	21 21	15 32	16 15	0 03	+ 5 38
781,5	9 10 15,65	21 25	15 14	16 15	0 56	11 40
782,5	9 14 12,21	21 28	14 55	16 14	1 52	17 00
783,5	9 18 08,76	21 32	14 35	16 14	2 49	21 18
784,5	9 22 05,32	21 36	14 16	16 14	3 48	24 17
785,5	9 26 01,88	21 40	13 56	16 14	4 48	25 48
786,5	9 29 58,44	21 44	13 36	16 14	5 47	25 46
787,5	9 33 55,00	21 48	13 16	16 14	6 45	24 16
788,5	9 37 51,56	21 52	12 56	16 13	7 41	21 29
789,5	9 41 48,12	21 56	12 35	16 13	8 33	17 42
890,5	9 45 44,67	22 00	12 15	16 13	9 21	13 10
791,5	9 49 41,22	22 04	11 54	16 13	10 08	8 10
792,5	9 53 37,77	22 08	11 33	16 13	10 52	+ 2 56
793,5	9 57 34,32	22 11	11 11	16 12	11 36	— 2 21
794,5	10 01 30,87	22 15	10 50	16 12	12 20	7 29
795,5	10 05 27,42	22 19	10 28	16 12	13 04	12 18
796,5	10 09 23,97	22 23	10 06	16 12	13 49	16 39
797,5	10 13 20,52	22 27	9 44	16 11	14 36	20 22
798,5	10 17 17,08	22 31	9 22	16 11	15 26	23 16
799,5	10 21 13,63	22 34	9 00	16 11	16 18	25 10
800,5	10 25 10,21	22 38	8 37	16 11	17 13	23 52
801,5	10 29 06,75	22 42	— 8 15	16 11	18 10	—25 16

I. MÁRCIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	H	10	60	6 26	11 57	17 28	4 16	12 59	
2	K		61	6 24	11 56	17 30	4 50	14 18	
3	Sz		62	6 22	11 56	17 31	5 18	15 38	
4	Cs		63	6 20	11 56	17 32	5 41	17 00	
5	P		64	6 17	11 56	17 34	6 04	18 19	☉ 3 11
6	Sz		65	6 16	11 56	17 35	6 26	19 47	
7	V		66	6 14	11 55	17 37	6 49	21 11	
8	H	11	67	6 12	11 55	17 39	7 17	22 36	
9	K		68	6 11	11 55	17 40	7 49	23 56	
10	Sz		69	6 09	11 55	17 42	8 30		
11	Cs		70	6 07	11 54	17 43	9 19	1 09	☾ 17 51
12	P		71	6 05	11 54	17 44	10 20	2 09	
13	Sz		72	6 03	11 54	17 46	11 25	2 58	
14	V		73	6 00	11 53	17 47	12 36	3 34	
15	H	12	74	5 58	11 53	17 49	13 46	4 05	
16	K		75	5 57	11 53	17 51	14 55	4 28	
17	Sz		76	5 55	11 53	17 52	16 01	4 48	
18	Cs		77	5 53	11 52	17 53	17 07	5 06	
19	P		78	5 50	11 52	17 54	18 11	5 23	
20	Sz		79	5 48	11 52	17 56	19 10	5 40	☉ 12 42
21	V		80	5 46	11 51	17 58	20 21	5 59	
22	H	13	81	5 44	11 51	17 59	21 27	6 19	
23	K		82	5 43	11 51	18 01	22 32	6 44	
24	Sz		83	5 41	11 50	18 02	23 36	7 13	
25	Cs		84	5 38	11 50	18 03	—	7 51	
26	P			85	5 36	11 50	18 05	0 34	8 37
27	Sz		86	5 34	11 50	18 06	1 26	9 36	☾ 16 14
28	V		87	5 32	11 49	18 08	2 09	10 42	
29	H	14	88	5 31	11 49	18 09	2 46	11 54	
30	K		89	5 28	11 49	18 10	3 15	13 11	
31	Sz		90	5 26	11 48	18 11	3 40	14 30	

Tavaszi kezdete: 21-én 4h 54^m

Hold: 6-án 11^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'38", 0

21-én 19^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'44", 5

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2434...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczeniója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szczeniója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' ' "	' "	h m	° ' ' "
...802,5	10 33 03,31	22 46	— 7 52	16 11	19 07	—23 16
803,5	10 36 59,87	22 49	7 29	16 10	20 03	19 54
804,5	10 40 56,43	22 53	7 07	16 10	20 59	15 19
805,5	10 44 52,98	22 57	6 44	16 10	21 54	9 43
806,5	10 48 49,53	23 01	6 21	16 10	22 48	— 3 28
807,5	10 52 46,07	23 04	5 57	16 09	23 42	+ 3 03
808,5	10 56 42,62	23 08	5 34	16 09	0 37	9 25
809,5	11 00 39,17	23 12	5 11	16 09	1 33	15 12
810,5	11 04 35,72	23 15	4 47	16 09	2 32	19 59
811,5	11 08 32,28	23 19	4 24	16 08	3 32	23 27
812,5	11 12 28,84	23 23	4 00	16 08	4 33	25 23
813,5	11 16 25,40	23 26	3 37	16 08	5 34	25 43
814,5	11 20 21,96	23 30	3 13	16 08	6 32	24 33
815,5	11 24 18,52	23 34	2 50	16 07	7 28	22 05
816,5	11 28 15,07	23 38	2 26	16 07	8 20	18 34
817,5	11 32 11,62	23 41	2 02	16 07	9 09	14 17
818,5	11 36 08,18	23 45	1 39	16 06	9 56	9 28
819,5	11 40 04,72	23 48	1 15	16 06	10 40	+ 4 22
820,5	11 44 01,27	23 52	0 51	16 06	11 24	— 0 51
821,5	11 47 57,82	23 56	0 28	16 06	12 07	5 59
822,5	11 51 54,37	23 59	— 0 04	16 05	12 51	10 53
823,5	11 55 50,91	0 03	+ 0 20	16 05	13 36	15 21
824,5	11 59 47,47	0 07	0 44	16 05	14 23	19 14
825,5	12 03 44,02	0 10	1 07	16 04	15 12	22 20
826,5	12 07 40,57	0 14	1 31	16 04	16 03	24 30
827,5	12 11 37,13	0 18	1 54	16 04	16 56	25 33
828,5	12 15 33,69	0 21	2 18	16 04	17 51	25 23
829,5	12 19 30,25	0 25	2 41	16 03	18 46	23 54
830,5	12 23 26,80	0 29	3 05	16 03	19 41	21 08
831,5	12 27 23,36	0 32	3 28	16 03	20 36	17 09
832,5	12 31 19,91	0 36	+ 3 52	16 02	21 30	—12 07

I. ÁPRILIS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Cs	(14)	91	5 25	11 48	18 12	4 04	15 51	☉ 12 25
2	P		92	5 23	11 48	18 14	4 25	17 14	
3	Sz		93	5 20	11 48	18 16	4 49	18 39	
4	V		94	5 19	11 48	18 17	5 16	20 06	
5	H		95	5 17	11 47	18 18	5 46	21 31	
6	K	15	96	5 15	11 47	18 19	6 25	22 50	
7	Sz		97	5 13	11 47	18 21	7 12	23 58	
8	Cs		98	5 11	11 47	18 22	8 10	—	
9	P		99	5 09	11 46	18 24	9 16	0 52	
10	Sz		100	5 08	11 46	18 26	10 27	1 34	
11	V	16	101	5 05	11 46	18 26	11 38	2 06	☾ 5 05
12	H		102	5 03	11 45	18 28	12 46	2 32	
13	K		103	5 01	11 45	18 29	13 54	2 54	
14	Sz		104	4 59	11 45	18 30	14 59	3 12	
15	Cs		105	4 57	11 45	18 32	16 04	3 30	
16	P	17	106	4 56	11 45	18 34	17 08	3 47	☼ 5 48
17	Sz		107	4 54	11 45	18 36	18 13	4 07	
18	V		108	4 52	11 44	18 36	19 17	4 25	
19	H		109	4 50	11 44	18 38	20 23	4 48	
20	K		110	4 48	11 44	18 39	21 27	5 16	
21	Sz	18	111	4 46	11 44	18 41	22 28	5 51	☾ 4 57
22	Cs		112	4 44	11 43	18 42	23 21	6 35	
23	P		113	4 43	11 43	18 44	—	7 28	
24	Sz		114	4 41	11 43	18 44	0 07	8 30	
25	V		115	4 39	11 43	18 46	0 44	9 39	
26	H	18	116	4 37	11 42	18 48	1 15	10 53	
27	K		117	4 35	11 42	18 49	1 41	12 08	
28	Sz		118	4 34	11 42	18 51	2 04	13 25	
29	Cs		119	4 33	11 42	18 52	2 26	14 45	
30	P		120	4 31	11 42	18 53	2 48	16 07	

Hold: 3-án 21^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'43''6

17-én 21^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'43'',9

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2434...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...833,5	12 35 16,47	0 39	+ 4 15	16 02	22 23	— 6 16
834,5	12 39 13,01	0 43	4 38	16 02	23 17	+ 0 05
835,5	12 43 09,56	0 47	5 01	16 02	0 12	6 33
836,5	12 47 06,11	0 50	5 24	16 01	1 08	12 41
837,5	12 51 02,66	0 54	5 47	16 01	2 08	18 01
838,5	12 54 59,22	0 58	6 10	16 01	3 09	22 08
839,5	12 58 55,77	1 01	6 33	16 00	4 12	24 41
840,5	13 02 52,33	1 05	6 55	16 00	5 15	25 32
841,5	13 06 48,89	1 09	7 18	16 00	6 16	24 46
842,5	13 10 45,45	1 12	7 40	16 00	7 14	22 34
843,5	13 14 42,01	1 16	8 02	15 59	8 08	19 16
844,5	13 18 38,57	1 20	8 24	15 59	8 58	15 08
845,5	13 22 35,12	1 23	8 46	15 59	9 45	10 28
846,5	13 26 31,67	1 27	9 08	15 59	10 30	5 28
847,5	13 30 28,22	1 31	9 30	15 58	11 13	+ 0 20
848,5	13 34 24,76	1 34	9 51	15 58	11 56	-- 4 46
849,5	13 38 21,34	1 38	10 12	15 58	12 40	9 40
850,5	13 42 17,86	1 42	10 34	15 58	13 24	14 13
851,5	13 46 14,41	1 46	10 55	15 57	14 11	18 13
852,5	13 50 10,97	1 49	11 15	15 57	14 59	21 30
853,5	13 54 07,52	1 53	11 36	15 57	15 50	23 53
854,5	13 58 04,08	1 57	11 56	15 56	16 43	25 11
855,5	14 02 00,64	2 00	12 17	15 56	17 37	25 18
856,5	14 05 57,20	2 04	12 37	15 56	18 31	24 10
857,5	14 09 53,76	2 08	12 56	15 56	19 25	21 48
858,5	14 13 50,31	2 12	13 16	15 55	20 19	18 16
859,5	14 17 46,87	2 16	13 35	15 55	21 11	13 44
860,5	14 21 43,42	2 19	13 55	15 55	22 03	8 21
861,5	14 25 39,97	2 23	14 14	15 55	22 50	— 2 24
862,5	14 29 36,52	2 27	14 32	15 54	23 48	+ 3 51

I. MÁJUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(18)	121	4 29	11 41	18 55	3 13	17 31	
2	V		122	4 27	11 41	18 56	3 40	18 57	☉ 20 22
3	H		123	4 25	11 41	18 58	4 15	20 22	
4	K		124	4 23	11 41	18 59	4 59	21 37	
5	Sz		125	4 22	11 41	19 01	5 55	22 39	
6	Cs	20	126	4 20	11 41	19 02	6 59	23 29	
7	P		127	4 18	11 40	19 03	8 11		
8	Sz		128	4 17	11 40	19 04	9 25	0 05	
9	V		129	4 16	11 40	19 06	10 36	0 35	☾ 18 17
10	H		130	4 14	11 40	19 07	11 45	0 59	
11	K		131	4 13	11 40	19 09	12 50	1 18	
12	Sz		132	4 12	11 40	19 10	13 55	1 36	
13	Cs		133	4 11	11 40	19 12	15 00	1 52	
14	P		134	4 09	11 40	19 13	16 04	2 11	
15	Sz		135	4 08	11 40	19 14	17 09	2 30	
16	V	21	136	4 06	11 40	19 15	18 15	2 52	
17	H		137	4 05	11 40	19 16	19 20	3 18	☉ 21 47
18	K		138	4 04	11 40	19 17	20 21	3 52	
19	Sz		139	4 03	11 40	19 19	21 17	4 34	
20	Cs		140	4 02	11 40	19 20	22 05	5 25	
21	P	22	141	4 01	11 40	19 21	22 44	6 24	
22	Sz		142	4 00	11 40	19 22	23 16	7 31	
23	V		143	3 59	11 41	19 23	23 45	8 22	
24	H		144	3 58	11 41	19 24		9 55	
25	K		145	3 56	11 41	19 26	0 08	11 09	☾ 13 49
26	Sz		146	3 55	11 41	19 27	0 29	12 26	
27	Cs	23	147	3 55	11 41	19 28	0 56	13 44	
28	P		148	3 54	11 41	19 29	1 13	15 05	
29	Sz		149	3 54	11 41	19 30	1 39	16 28	
30	V		150	3 53	11 41	19 30	2 09	17 51	
31	H		151	3 52	11 41	19 31	2 47	19 11	

Hold: 2-án 8^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'43'', 7

15-én 3^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'44'', 3

30-án 14^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'34'', 2

H Ó N A P

0^h világitőkor.

Julián dátum 2434...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...863,5	14 33 33,07	2 31	+14 51	15 54	0 42	+10 02
864,5	14 37 29,62	2 35	15 09	15 54	1 40	15 42
865,5	14 41 26,18	2 38	15 27	15 54	2 41	20 23
866,5	14 45 22,74	2 42	15 45	15 53	3 45	23 39
867,5	14 49 19,30	2 46	16 02	15 53	4 50	25 13
868,5	14 53 15,86	2 50	16 19	15 53	5 53	25 01
869,5	14 57 12,42	2 54	16 36	15 53	6 54	23 14
870,5	15 01 08,98	2 58	16 53	15 53	7 51	20 10
871,5	15 05 05,47	3 01	17 09	15 52	8 43	16 20
872,5	15 09 02,10	3 05	17 25	15 52	9 32	11 33
873,5	15 12 58,65	3 09	17 41	15 52	10 18	6 35
874,5	15 16 55,20	3 13	17 57	15 52	11 02	+ 1 28
875,5	15 20 51,75	3 17	18 12	15 52	11 45	- 3 38
876,5	15 24 48,30	3 21	18 27	15 51	12 28	8 34
877,5	15 28 44,85	3 25	18 41	15 51	13 13	13 10
878,5	15 32 41,41	3 29	18 55	15 51	13 59	17 17
879,5	15 36 37,96	3 33	19 09	15 51	14 47	20 44
880,5	15 40 34,52	3 37	19 23	15 51	15 37	23 20
881,5	15 44 31,08	3 41	19 36	15 50	16 30	24 53
882,5	15 48 27,64	3 45	19 49	15 50	17 24	25 15
883,5	15 52 24,20	3 49	20 02	15 50	18 19	24 23
884,5	15 56 20,76	3 53	20 14	15 50	19 23	22 16
885,5	16 00 17,32	3 57	20 21	15 50	20 06	19 01
886,5	16 04 13,88	4 01	20 38	15 49	20 58	14 46
887,5	16 08 10,43	4 05	20 49	15 49	21 48	9 42
888,5	16 12 06,99	4 09	21 00	15 49	22 39	- 4 04
889,5	16 16 03,54	4 13	21 10	15 49	23 29	+ 1 55
890,5	16 20 00,09	4 17	21 20	15 49	0 22	7 56
891,5	16 23 56,64	4 21	21 30	15 49	1 17	13 38
892,5	16 27 53,20	4 25	21 39	15 48	2 15	18 37
893,5	16 33 49,76	4 29	+21 48	15 48	3 17	+22 26

I. JÚNIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(23)	152	3 51	11 41	19 33	3 36	20 21	☉ 4 03
2	Sz		153	3 50	11 42	19 34	4 37	21 17	
3	Cs		154	3 50	11 42	19 35	5 48	22 00	
4	P		155	3 49	11 42	19 35	7 07	22 33	
5	Sz		156	3 48	11 42	19 36	8 19	23 00	
6	V	24	157	3 48	11 42	19 37	9 30	23 21	☾ 9 13
7	H		158	3 47	11 43	19 38	10 38	23 40	
8	K		159	3 47	11 43	19 39	11 44	23 57	
9	Sz		160	3 47	11 43	19 40	12 49	—	
10	Cs		161	3 47	11 43	19 40	13 54	0 16	
11	P	25	162	3 47	11 43	19 40	14 58	0 35	☿ 12 06
12	Sz		163	3 46	11 43	19 41	15 54	0 56	
13	V		164	3 46	11 44	19 41	17 10	1 21	
14	H		165	3 46	11 44	19 42	18 12	1 52	
15	K		166	3 46	11 44	19 42	19 11	2 30	
16	Sz		167	3 46	11 44	19 43	20 02	3 17	☾ 12 06
17	Cs		168	3 46	11 44	19 43	20 44	4 16	
18	P		169	3 46	11 45	19 44	21 19	5 22	
19	Sz		170	3 46	11 45	19 44	21 48	6 32	
20	V		171	3 46	11 45	19 44	22 12	7 46	
21	H	26	172	3 46	11 45	19 45	22 35	9 01	☾ 19 46
22	K		173	3 46	11 46	19 45	22 55	10 15	
23	Sz		174	3 47	11 46	19 45	23 16	11 32	
24	Cs		175	3 47	11 46	19 45	23 39	12 49	
25	P		176	3 47	11 46	19 45	—	14 09	
26	Sz	27	177	3 48	11 46	19 45	0 06	15 30	☉ 12 26
27	V		178	3 48	11 47	19 45	0 40	16 49	
28	H		179	3 49	11 47	19 45	1 23	18 01	
29	K		180	3 49	11 47	19 45	2 17	18 03	
30	Sz		181	3 50	11 47	19 45	3 25	19 53	

Nyár kezdete: 21-én 23^h 55^m

Hold: 11-én 16^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'46'', 8

27-én 11^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'21'', 5

H Ó N A P

0^h vilá gid ő k o r

Julián dátum 2434...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczeniőja	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szczeniőja	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...894,5	16 35 46,32	4 33	+21 57	15 48	4 21	+24 42
895,5	16 39 42,89	4 37	22 05	15 48	5 26	25 14
896,5	16 43 39,45	4 42	22 13	15 48	6 29	24 02
897,5	16 47 36,02	4 46	22 21	15 48	7 29	21 22
898,5	16 51 32,58	4 50	22 28	15 48	8 24	17 34
899,5	16 55 29,14	4 54	22 34	15 47	9 15	13 01
900,5	16 59 25,69	4 58	22 41	15 47	10 03	8 02
901,5	17 03 22,24	5 02	22 47	15 47	10 48	+ 2 52
902,5	17 07 18,79	5 06	22 52	15 47	11 32	- 2 18
903,5	17 11 15,35	5 10	22 57	15 47	12 16	7 19
904,5	17 15 11,90	5 14	23 02	15 47	13 00	12 01
905,5	17 19 8,45	5 19	23 06	15 47	13 45	16 17
906,5	17 23 5,01	5 23	23 10	15 47	14 33	19 55
907,5	17 27 1,57	5 27	23 14	15 47	15 23	22 44
908,5	17 30 58,13	5 31	23 17	15 47	16 15	24 35
909,5	17 34 54,69	5 35	23 19	15 47	17 09	25 16
910,5	17 38 51,25	5 39	23 22	15 46	18 04	24 41
911,5	17 42 47,82	5 44	23 24	15 46	18 59	22 51
912,5	17 46 44,38	5 48	23 25	15 46	19 53	19 48
913,5	17 50 40,92	5 52	23 26	15 46	20 46	15 43
914,5	17 54 37,49	5 56	23 27	15 46	21 37	10 48
915,5	17 58 34,05	6 00	23 27	15 46	22 27	- 5 18
916,5	18 02 30,60	6 04	23 27	15 46	23 17	+ 0 33
917,5	18 06 27,15	6 09	23 26	15 46	0 07	6 27
918,5	18 10 23,71	6 13	23 25	15 46	1 00	12 07
919,5	18 14 20,26	6 17	23 23	15 46	1 56	17 11
920,5	18 18 16,82	6 21	23 21	15 46	2 55	21 18
921,5	18 22 13,38	6 25	23 19	15 46	3 57	24 05
922,5	18 26 09,95	6 29	23 17	15 46	5 00	25 15
923,5	18 30 06,51	6 33	+23 13	15 46	6 04	+24 43

I. JÚLIUS

Datum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapestben					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Cs	(27)	182	3 50	11 48	19 45	4 39	20 30	
2	P		183	3 51	11 48	19 45	5 55	21 00	
3	Sz		184	3 51	11 48	19 45	7 09	21 24	
4	V		185	3 52	11 48	19 45	8 21	21 44	
5	H		186	3 53	11 48	19 45	9 29	22 02	
6	K	28	187	3 53	11 48	19 44	10 35	22 20	
7	Sz		188	3 53	11 48	19 43	11 44	22 39	
8	Cs		189	3 54	11 48	19 43	12 45	22 59	☾ 1 33
9	P		190	3 55	11 49	19 42	13 51	23 23	
10	Sz		191	3 56	11 49	19 41	14 56	23 50	
11	V	29	192	3 57	11 49	19 41	16 01	—	
12	H		193	3 58	11 49	19 40	17 01	0 27	
13	K		194	3 59	11 49	19 39	17 55	1 10	
14	Sz		195	4 00	11 49	19 38	18 42	2 05	
15	Cs		196	4 01	11 49	19 38	19 20	3 07	
16	P	30	197	4 02	11 50	19 38	19 51	4 19	☿ 0 29
17	Sz		198	4 02	11 50	19 37	20 18	5 34	
18	V		199	4 04	11 50	19 36	20 40	6 49	
19	H		200	4 05	11 50	19 35	21 01	8 05	
20	K		201	4 06	11 50	19 34	21 23	9 21	
21	Sz	31	202	4 07	11 50	19 32	21 45	10 39	
22	Cs		203	4 08	11 50	19 31	22 12	11 57	
23	P		204	4 10	11 50	19 30	22 41	13 16	☾ 0 14
24	Sz		205	4 11	11 50	19 30	23 20	14 34	
25	V		206	4 12	11 50	19 29	—	15 48	
26	H	31	207	4 13	11 50	19 27	0 09	16 53	
27	K		208	4 14	11 50	19 26	1 09	17 46	
28	Sz		209	4 15	11 50	19 25	2 19	18 27	
29	Cs		210	4 17	11 50	19 23	3 33	18 59	● 22 20
30	P		211	4 18	11 50	19 22	4 48	19 25	
31	Sz		212	4 19	11 50	19 21	6 00	19 47	

Nap: 3-án 21^h-kor földtrávolban

Hold: 9-én 9^h-kor földtrávolban, látszólagos sugara: 14'48'',2

28-án 20^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'11'',1

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2434...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczeniója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szczeniója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...924,5	18 34 03,08	6 38	+23 10	15 46	7 06	+22 36
925,5	18 37 59,64	6 42	23 06	15 46	8 02	19 10
926,5	18 41 56,19	6 46	23 02	15 46	8 56	14 49
927,5	18 45 52,74	6 50	22 57	15 46	9 45	9 53
928,5	18 49 49,31	6 54	22 52	15 46	10 32	+ 4 39
929,5	18 53 45,86	6 58	22 46	15 46	11 17	— 0 37
930,5	18 57 42,41	7 02	22 40	15 46	12 01	5 46
931,5	19 01 38,97	7 06	22 34	15 46	12 45	10 37
932,5	19 05 35,52	7 11	22 27	15 46	13 31	15 03
933,5	19 09 32,07	7 15	22 20	15 46	14 17	18 53
934,5	19 13 28,63	7 19	22 13	15 46	15 07	21 58
935,5	19 17 25,19	7 23	22 05	15 46	15 58	24 08
936,5	19 21 21,75	7 27	21 57	15 46	16 52	25 12
937,5	19 25 18,32	7 31	21 48	15 46	17 47	25 02
938,5	19 29 14,88	7 35	21 39	15 46	18 42	23 33
939,5	19 33 11,44	7 39	21 30	15 46	19 37	20 49
940,5	19 37 08,00	7 43	21 20	15 46	20 31	16 57
941,5	19 41 04,56	7 47	21 10	15 46	21 24	12 09
942,5	19 45 01,11	7 51	21 00	15 46	22 15	6 41
943,5	19 48 57,66	7 55	20 49	15 46	23 05	— 0 49
944,5	19 52 54,21	7 59	20 38	15 46	23 56	+ 5 08
945,5	19 56 50,76	8 03	20 26	15 46	0 48	10 52
946,5	20 00 47,32	8 07	20 14	15 46	1 42	16 03
947,5	20 04 43,87	8 11	20 02	15 46	2 39	20 21
948,5	20 08 10,43	8 15	19 50	15 47	3 39	23 27
949,5	20 12 37,00	8 19	19 37	15 47	4 41	25 04
950,5	20 16 33,56	8 23	19 24	15 47	5 43	25 04
951,5	20 20 30,12	8 27	19 10	15 47	6 44	23 30
952,5	20 24 26,68	8 31	18 56	15 47	7 42	20 34
953,5	20 28 23,24	8 35	18 42	15 47	8 36	16 33
954,5	20 32 19,80	8 39	+18 28	15 47	9 27	+11 48

I. AUGUSZTUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fénycváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	V	(31) 32	213	4 21	11 50	19 20	7 11	20 06	
2	H		214	4 21	11 50	19 18	8 19	20 22	
3	K		215	4 23	11 50	19 17	9 25	20 43	
4	Sz		216	4 24	11 50	19 15	10 31	21 03	
5	Cs		217	4 25	11 50	19 14	11 36	21 25	
6	P	33	218	4 27	11 50	19 12	12 42	21 50	☾ 18 50
7	Sz		219	4 28	11 50	19 11	13 47	22 23	
8	V		220	4 30	11 49	19 09	14 48	23 03	
9	H		221	4 30	11 49	19 08	15 45	23 52	
10	K		222	4 32	11 49	19 06	16 35	—	
11	Sz	34	223	4 33	11 49	19 04	17 16	0 52	
12	Cs		224	4 35	11 49	19 02	17 50	1 59	
13	P		225	4 36	11 48	19 01	18 19	3 13	
14	Sz		226	4 37	11 48	19 00	18 44	4 29	☾ 11 03
15	V		227	4 38	11 48	18 58	19 07	5 47	
16	H	35	228	4 40	11 48	18 56	19 28	7 05	
17	K		229	4 41	11 48	18 54	19 51	8 24	
18	Sz		230	4 42	11 47	18 52	20 16	9 44	
19	Cs		231	4 44	11 47	18 50	20 44	11 04	
20	P		232	4 46	11 47	18 48	21 21	12 23	
21	Sz	36	233	4 47	11 47	18 47	22 06	13 38	☾ 4 51
22	V		234	4 47	11 46	18 45	23 02	14 47	
23	H		235	4 49	11 46	18 43	—	15 41	
24	K		236	4 50	11 46	18 41	0 08	16 26	
25	Sz		237	4 52	11 46	18 39	1 19	17 00	
26	Cs	37	238	4 53	11 45	18 37	2 32	17 28	
27	P		239	4 54	11 45	18 36	3 45	17 51	
28	Sz		240	4 55	11 45	18 34	4 55	18 11	☾ 10 21
29	V		241	4 57	11 45	18 32	6 04	18 29	
30	H		242	4 58	11 44	18 30	7 11	18 48	
31	K		243	5 00	11 44	18 28	8 16	19 08	

Hold: 6-án 4h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'48'', 3

18-án 7h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'17'', 6

H Ó N A P

0^b világidőkor

Julián dátum 2434...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szczenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' ''	h m	° '
...955,5	20 36 16,35	8 43	+18 13	15 47	10 15	+ 6 38
956,5	20 40 12,90	8 46	17 58	15 47	11 01	+ 1 19
957,5	20 44 09,45	8 50	17 43	15 48	11 46	- 3 57
958,5	20 48 06,00	8 54	17 27	15 48	12 30	8 57
959,5	20 52 02,55	8 58	17 11	15 48	13 15	13 34
960,5	20 55 59,11	9 02	16 55	15 48	14 02	17 67
961,5	20 59 55,66	9 06	16 39	15 48	14 50	20 58
962,5	21 03 52,22	9 10	16 22	15 48	15 40	23 27
963,5	21 07 48,78	9 13	16 05	15 48	16 33	24 54
964,5	21 11 45,34	9 17	15 48	15 49	17 27	25 11
965,5	21 15 41,90	9 21	15 30	15 49	18 22	24 12
966,5	21 19 38,46	9 25	15 12	15 49	19 18	21 56
967,5	21 23 35,02	9 29	14 54	15 49	20 12	18 27
968,5	21 27 31,57	9 32	14 36	15 49	21 06	13 54
969,5	21 31 28,12	9 36	14 18	15 50	21 58	8 33
970,5	21 35 24,68	9 40	13 59	15 50	22 50	- 2 40
971,5	21 39 21,22	9 44	13 40	15 50	23 42	+ 3 25
972,5	21 43 17,77	9 47	13 21	15 50	0 35	9 21
973,5	21 47 14,32	9 51	13 02	15 50	1 29	14 47
974,5	21 51 10,88	9 55	12 42	15 50	2 26	19 21
975,5	21 55 07,43	9 58	12 23	15 50	3 25	22 45
976,5	21 59 03,99	10 02	12 23	15 51	4 26	24 43
977,5	22 03 00,55	10 06	11 43	15 51	5 28	25 07
978,5	22 06 57,12	10 09	11 22	15 51	6 28	23 59
979,5	22 10 53,68	10 13	11 02	15 51	7 25	21 28
980,5	22 14 50,23	10 17	10 41	15 51	8 20	17 50
981,5	22 18 46,79	10 21	10 20	15 52	9 11	13 22
982,5	22 22 43,34	10 24	9 59	15 52	10 00	8 23
983,5	22 26 39,89	10 28	9 38	15 52	10 46	+ 3 09
984,5	22 30 36,43	10 31	9 17	15 52	11 31	- 2 08
985,5	22 34 32,98	10 35	+ 8 55	15 53	12 16	- 7 14

I. S Z E P T E M B E R

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(36)	244	5 01	11 44	18 26	9 22	19 29	
2	Cs		245	5 03	11 44	18 25	10 28	19 54	
3	P		246	5 03	11 43	18 23	11 33	20 22	
4	Sz		247	5 05	11 43	18 21	12 35	20 58	☾ 12 28
5	V		248	5 06	11 42	18 18	13 32	21 42	
6	H	37	249	5 08	11 42	18 16	14 24	22 37	
7	K		250	5 09	11 42	18 14	15 09	23 40	
8	Sz		251	5 11	11 41	18 12	15 46	—	
9	Cs		252	5 12	11 41	18 11	16 17	0 50	
10	P		253	5 13	11 41	18 08	16 44	2 05	
11	Sz	38	254	5 14	11 40	18 06	17 07	3 21	
12	V		255	5 16	11 40	18 04	17 30	4 40	☾ 20 19
13	H		256	5 17	11 40	18 02	17 54	6 01	
14	K		257	5 19	11 39	18 00	18 18	7 21	
15	Sz		258	5 20	11 39	17 59	18 46	8 44	
16	C	39	259	5 21	11 38	17 56	19 22	10 07	
17	P		260	5 22	11 38	17 54	20 05	11 27	
18	Sz		261	5 24	11 38	17 52	20 58	12 39	
19	V		262	5 25	11 37	17 50	22 01	13 38	☾ 11 11
20	H		263	5 27	11 37	17 47	23 11	14 25	
21	K	40	264	5 28	11 37	17 45	—	15 02	
22	Sz		265	5 30	11 37	17 44	0 13	15 32	
23	Cs		266	5 30	11 36	17 42	1 34	15 57	
24	P		267	5 32	11 36	17 40	2 44	16 17	
25	Sz		268	5 33	11 36	17 38	3 52	16 36	
26	V	40	269	5 35	11 35	17 35	4 58	16 55	
27	H		270	5 36	11 35	17 33	6 04	17 14	☾ 0 50
28	K		271	5 38	11 34	17 32	7 10	17 35	
29	Sz		272	5 38	11 34	17 30	8 15	17 57	
30	Cs		273	5 40	11 34	17 27	9 19	18 24	

Ősz kezdete: 23-án 14^h 56^m

Hold: 2-án 23^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'47'', 7

14-én 21^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'30'', 0

30-án 15^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'44'', 8

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2434...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szczenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...986,5	22 38 29,53	10 39	+ 8 34	15 53	13 01	-11 59
987,5	22 42 26,08	10 42	8 12	15 53	13 47	16 13
988,5	22 46 22,63	10 46	7 50	15 53	15 34	19 48
989,5	22 50 19,19	10 50	7 28	15 53	15 24	22 33
990,5	22 54 15,74	10 53	7 06	15 54	16 15	24 21
991,5	22 48 12,30	10 57	6 44	15 54	17 08	25 02
992,5	23 02 08,68	11 00	6 21	15 54	18 02	24 32
993,5	23 06 05,42	11 04	5 59	15 54	18 56	22 48
994,5	23 10 01,97	11 08	5 36	15 55	19 51	19 51
995,5	23 13 58,53	11 11	5 14	15 55	20 44	15 46
996,5	23 17 55,08	11 15	4 51	15 55	21 37	10 45
997,5	23 21 51,63	11 18	4 28	15 55	22 30	- 5 02
998,5	23 25 48,18	11 22	4 05	15 56	23 22	+ 1 04
999,5	23 29 29,72	11 26	3 42	15 56	0 16	7 13
...000,5	23 33 41,27	11 29	3 19	15 56	1 12	12 59
001,5	23 37 37,83	11 33	2 56	15 56	2 10	17 58
002,5	23 41 34,38	11 36	2 53	15 57	3 10	21 47
003,5	23 45 30,94	11 40	2 10	15 57	4 12	24 10
004,5	23 49 27,50	11 44	1 47	15 57	5 14	24 56
005,5	23 53 24,06	11 47	1 24	15 57	6 14	24 09
006,5	23 57 20,62	11 51	1 00	15 58	7 12	21 57
007,5	0 01 17,17	11 54	0 37	15 58	8 07	18 37
008,5	0 05 13,73	11 58	+ 0 14	15 58	8 59	14 26
009,5	0 09 10,28	12 02	- 0 10	15 59	9 47	9 40
010,5	0 13 06,83	12 05	0 33	15 59	10 33	+ 4 34
011,5	0 17 03,37	12 09	0 57	15 59	11 18	- 0 37
012,5	0 20 59,92	12 12	1 20	15 59	12 03	5 43
013,5	0 24 56,47	12 16	1 43	16 00	12 48	10 32
014,5	0 28 53,02	12 20	2 06	16 00	13 33	14 54
015,5	0 32 49,57	12 23	- 2 30	16 00	14 20	-18 39

I. OKTÓBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	P	(40)	274	5 41	11 33	17 25	10 24	18 59	
2	Sz		275	5 43	11 33	17 23	11 23	19 39	
3	V		276	5 45	11 33	17 21	12 16	20 28	
4	H	41	277	5 46	11 33	17 19	13 03	21 28	
5	K		278	5 48	11 33	17 19	13 41	22 32	☾ 5 31
6	Sz		279	5 48	11 32	17 16	14 13	23 42	
7	Cs		280	5 50	11 32	17 13	14 43	—	
8	P		281	5 51	11 31	17 11	15 07	0 56	
9	Sz		282	5 53	11 31	17 09	15 29	2 12	
10	V		283	5 54	11 31	17 07	15 53	3 30	
11	H	42	284	5 56	11 31	17 06	16 17	4 50	
12	K		285	5 57	11 30	17 04	16 44	6 13	☾ 5 10
13	Sz		286	5 58	11 30	17 02	17 18	7 38	
14	Cs		287	6 00	11 30	17 00	17 59	9 04	
15	P		288	6 01	11 30	16 58	18 50	10 21	
16	Sz		289	6 03	11 30	16 56	19 51	11 28	
17	V		290	6 05	11 30	16 55	21 02	12 21	
18	H	43	291	6 05	11 29	16 53	22 14	13 02	☾ 20 30
19	K		292	6 07	11 29	16 51	23 26	13 35	
20	Sz		293	6 08	11 29	16 49	—	14 01	
21	Cs		294	6 10	11 29	16 47	0 36	14 22	
22	P		295	6 12	11 28	16 45	1 44	14 42	
23	Sz		296	6 13	11 28	16 43	2 50	15 00	
24	V		297	6 15	11 28	16 42	3 55	15 20	
25	H	44	298	6 16	11 28	16 40	5 00	15 40	
26	K		299	6 17	11 28	16 38	6 05	16 02	☾ 17 47
27	Sz		300	6 19	11 28	16 36	7 10	16 28	
28	Cs		301	6 21	11 28	16 34	8 13	17 00	
29	P		302	6 22	11 28	16 33	9 15	17 39	
30	Sz		303	6 24	11 28	16 32	10 09	18 24	
31	V		304	6 24	11 27	16 30	10 59	19 20	

Hold: 13-án 3h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'42'', 8

27-én 24h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14,43'', 8

H Ó N A P

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczenziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szczenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...016,5	0 36 46,12	12 27	— 2 53	16 00	15 09	—21 38
017,5	0 40 42,67	12 30	3 17	16 01	16 00	23 41
018,5	0 44 39,24	12 34	3 40	16 01	16 51	24 42
019,5	0 48 35,79	12 38	4 03	16 01	17 44	24 35
020,5	0 52 32,35	12 41	4 26	16 01	18 38	23 17
021,5	0 56 28,90	12 45	4 50	16 02	19 31	20 50
022,5	1 00 25,46	12 49	5 13	16 02	20 23	17 17
023,5	1 04 22,01	12 52	5 36	16 02	21 15	12 46
024,5	1 08 18,56	12 56	5 58	16 03	22 07	7 27
025,5	1 12 15,11	13 00	6 21	16 03	22 59	— 1 35
026,5	1 16 11,66	13 03	6 44	16 03	23 52	+ 4 32
027,5	1 20 08,21	13 07	7 07	16 03	0 48	10 32
028,5	1 24 04,76	13 11	7 29	16 04	1 46	15 57
029,5	1 28 01,31	13 14	7 52	16 04	2 47	20 21
030,5	1 31 57,87	13 18	8 14	16 04	3 51	23 19
031,5	1 35 54,43	13 22	8 36	16 05	4 55	24 38
032,5	1 39 50,99	13 25	8 58	16 05	5 58	24 15
033,5	1 43 47,55	13 29	9 20	16 05	6 58	22 22
034,5	1 47 44,11	13 33	9 42	16 05	7 54	19 15
035,5	1 51 40,66	13 37	10 04	16 06	8 47	15 13
036,5	1 55 37,22	13 40	10 26	16 06	9 36	10 36
037,5	1 59 33,77	13 44	10 47	16 06	10 22	5 38
038,5	2 03 30,32	13 48	11 08	16 06	11 07	+ 0 31
039,5	2 07 26,86	13 52	11 29	16 07	11 52	— 4 32
040,5	2 11 23,41	13 56	11 50	16 07	12 36	9 21
041,5	2 15 19,96	13 59	12 11	16 07	13 21	13 47
042,5	2 19 16,51	14 03	12 32	16 07	14 08	17 40
043,5	2 23 13,07	14 07	12 52	16 08	14 56	20 49
044,5	2 27 09,62	14 11	13 12	16 08	15 46	23 05
045,5	2 31 06,18	14 15	13 32	16 08	16 38	24 21
046,5	2 35 02,74	14 19	— 13 52	16 08	17 30	—24 30

I. NOVEMBER

Datum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényműváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	H	45	305	6 26	11 27	16 28	11 39	20 21	☾ 20 55
2	K		306	6 28	11 27	16 27	12 13	21 27	
3	Sz		307	6 30	11 27	16 25	12 42	22 44	
4	Cs		308	6 31	11 27	16 23	13 07	23 48	
5	P		309	6 33	11 27	16 22	13 30	—	
6	Sz	46	310	6 34	11 27	16 21	13 51	1 03	☾ 14 29
7	V		311	6 35	11 27	16 19	14 15	2 21	
8	H		312	6 37	11 27	16 18	14 40	3 41	
9	K		313	6 39	11 27	16 16	15 10	5 03	
10	Sz		314	6 40	11 27	16 15	15 47	6 29	
11	Cs	47	315	6 42	11 28	16 13	16 38	7 53	☾ 9 32
12	P		316	6 43	11 28	16 13	17 33	9 07	
13	Sz		317	6 44	11 28	16 12	18 43	10 10	
14	V		318	6 46	11 28	16 10	19 59	10 57	
15	H		319	6 47	11 28	16 09	21 13	11 33	
16	K	48	320	6 49	11 29	16 08	22 26	12 03	☾ 12 30
17	Sz		321	6 51	11 29	16 06	23 36	12 27	
18	Cs		322	6 52	11 29	16 05	—	12 48	
19	P		323	6 54	11 29	16 05	0 43	13 06	
20	Sz		324	6 56	11 30	16 04	1 49	13 25	
21	V	49	325	6 56	11 30	16 03	2 53	13 45	
22	H		326	6 57	11 30	16 02	3 57	14 06	
23	K		327	6 59	11 30	16 01	5 02	14 32	
24	Sz		328	7 01	11 30	16 00	6 05	15 07	
25	Cs		329	7 02	11 31	15 59	7 07	15 38	
26	P		330	7 04	11 31	15 58	8 05	16 23	
27	Sz		331	7 05	11 32	15 58	8 56	17 15	
28	V		332	7 07	11 32	15 58	9 38	18 15	
29	H		333	7 07	11 32	15 57	10 14	19 22	
30	K		334	7 08	11 32	15 56	10 45	20 28	

Hold: 10-én 14^h-kor földközélpontban, látszólagos sugara: 16'46'', 0

24-én 1^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'43'', 3

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...047,5	2 38 59,30	14 23	—14 11	16 09	18 23	—23 31
048,5	2 42 55,86	14 27	14 31	16 09	19 15	21 25
049,5	2 46 52,42	14 30	14 50	16 09	20 06	18 16
050,5	2 50 48,97	14 34	15 09	16 10	20 57	14 11
051,5	2 54 45,52	14 38	15 27	16 10	21 47	9 19
052,5	2 58 42,08	14 42	15 45	16 10	22 37	— 3 51
053,5	3 02 38,62	14 46	16 03	16 10	23 28	+ 2 00
054,5	3 06 35,17	14 50	16 21	16 10	0 22	7 56
055,5	3 10 31,73	14 54	16 39	16 11	1 18	13 33
056,5	3 14 28,28	14 58	16 56	16 11	2 18	18 26
057,5	3 18 24,84	15 02	17 13	16 11	3 22	22 05
058,5	3 22 21,40	15 06	17 30	16 11	4 27	24 09
059,5	3 26 17,97	15 11	17 46	16 12	5 33	24 25
060,5	3 30 14,59	15 15	18 02	16 12	6 37	22 59
061,5	3 34 11,09	15 19	18 18	16 12	7 36	20 09
062,5	3 38 07,65	15 23	18 33	16 12	8 32	16 15
063,5	3 42 04,21	15 27	18 48	16 13	9 23	11 40
064,5	3 46 00,76	15 31	19 03	16 13	10 11	6 42
065,5	3 49 57,31	15 35	19 17	16 13	10 56	+ 1 36
066,5	3 53 53,86	15 39	19 31	16 13	11 41	— 3 28
067,5	3 57 50,41	15 44	19 45	16 13	12 25	8 19
068,5	4 01 46,97	15 48	19 58	16 13	13 10	12 49
069,5	4 05 43,52	15 52	20 11	16 14	13 56	16 48
070,5	4 09 40,08	15 56	20 24	16 14	14 44	20 07
071,5	4 13 36,63	16 00	20 36	16 14	15 34	22 35
072,5	4 17 33,19	16 05	20 48	16 14	16 25	24 04
073,5	4 21 29,75	16 09	20 59	16 14	17 17	24 28
074,5	4 25 26,32	16 13	21 11	16 15	18 10	23 44
075,5	4 29 22,88	16 17	21 21	16 15	19 02	21 52
076,5	4 33 19,44	16 22	—21 31	16 15	19 54	—18 58

I. DECEMBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Középeurópai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug- szik	kel	nyug- szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(49)	335	7 10	11 33	15 56	11 10	21 38	☾ 9 56
2	Cs		336	7 11	11 33	15 55	11 32	22 49	
3	P		337	7 12	11 34	15 55	11 55	—	
4	Sz		338	7 14	11 34	15 54	12 16	0 02	
5	V		339	7 15	11 34	15 54	12 39	1 17	
6	H	50	340	7 16	11 35	15 53	13 06	2 36	☾ 0 56
7	K		341	7 17	11 35	15 53	13 39	3 58	
8	Sz		342	7 18	11 36	15 53	14 20	5 21	
9	Cs		343	7 20	11 36	15 53	15 12	6 40	
10	P		344	7 21	11 37	15 53	16 16	7 50	
11	Sz	51	345	7 21	11 37	15 53	17 31	8 44	☾ 2 21
12	V		346	7 22	11 38	15 53	18 49	8 27	
13	H		347	7 23	11 38	15 53	20 07	10 01	
14	K		348	7 23	11 38	15 53	21 20	10 28	
15	Sz		349	7 24	11 39	15 53	22 29	10 51	
16	Cs	52	350	7 25	11 39	15 53	23 27	11 11	☾ 7 33
17	P		351	7 26	11 40	15 54	—	11 30	
18	Sz		352	7 27	11 40	15 54	0 42	11 49	
19	V		353	7 27	11 41	15 54	1 47	12 10	
20	H		354	7 28	11 41	15 55	2 52	12 34	
21	K	53	355	7 29	11 42	15 55	3 58	13 02	☾ 7 33
22	Sz		356	7 29	11 42	15 56	5 00	13 37	
23	Cs		357	7 30	11 43	15 56	5 58	14 18	
24	P		358	7 30	11 43	15 57	6 51	15 08	
25	Sz		359	7 31	11 44	15 57	7 38	16 07	
26	V	53	360	7 31	11 44	15 58	8 16	17 10	☾ 7 33
27	H		361	7 31	11 45	15 59	8 48	18 19	
28	K		362	7 31	11 45	15 59	9 16	19 29	
29	Sz		363	7 32	11 46	16 00	9 39	20 40	
30	Cs		364	7 32	11 46	16 01	10 00	21 52	
31	P		365	7 32	11 47	16 02	10 22	23 04	

Tél kezdete: 22-én 10^h 25^m

Hold: 9-én 3^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'41'', 8

21-én 10^h-kor földtrávolban, látszólagos sugara: 14'44'', 9

H Ó N A P

0^h világidőkor

Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	"	h m	° '
...077,5	4 37 16,00	16 26	—21 41	16 15	20 44	—15 09
078,5	4 41 12,55	16 30	21 51	16 15	21 33	10 34
079,5	4 45 09,11	16 35	22 00	16 15	22 21	— 5 24
080,5	4 49 05,66	16 39	22 08	16 16	23 10	+ 0 08
081,5	4 53 02,21	16 43	22 17	16 16	0 01	5 50
082,5	4 56 58,76	16 48	22 24	16 16	0 54	11 24
083,5	5 00 55,32	16 52	22 32	16 16	1 51	16 28
084,5	5 04 51,88	16 56	22 38	16 16	2 52	20 36
085,5	5 08 48,44	17 01	22 45	16 16	3 56	23 23
086,5	5 12 45,01	17 05	22 51	16 16	5 02	24 29
087,5	5 16 41,57	17 10	22 56	16 17	6 08	23 47
088,5	5 20 38,14	17 14	23 01	16 17	7 11	21 26
089,5	5 24 34,70	17 18	23 06	16 17	8 10	17 49
090,5	5 28 31,26	17 23	23 10	16 17	9 04	13 18
091,5	5 32 87,82	17 27	23 14	16 17	9 54	8 17
092,5	5 36 24,37	17 32	23 17	16 17	10 42	+ 3 04
093,5	5 40 20,92	17 36	23 20	16 17	11 28	— 2 07
094,5	5 44 17,48	17 41	23 22	16 17	12 12	7 06
095,5	5 48 14,03	17 45	23 24	16 17	12 57	11 44
096,5	5 52 10,58	17 49	23 25	16 17	13 43	15 52
097,5	5 56 07,14	17 54	23 26	16 17	14 31	19 21
098,5	6 00 03,70	17 58	23 27	16 17	15 20	22 03
099,5	6 04 00,26	18 03	23 27	16 17	16 11	23 48
100,5	6 07 56,82	18 07	23 26	16 18	17 03	24 29
101,5	6 11 53,38	18 12	23 25	16 18	17 56	24 02
102,5	6 15 49,95	18 16	23 24	16 18	18 49	22 25
103,5	6 19 46,51	18 20	23 22	16 18	19 41	19 43
104,5	6 23 43,07	18 25	23 19	16 18	20 32	16 04
105,5	6 27 39,63	18 29	23 16	16 18	21 21	11 38
106,5	6 31 36,18	18 34	23 13	16 18	22 10	6 36
107,5	6 35 32,73	18 38	23 09	16 18	22 58	— 1 11

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR				VÉNUSZ				MARS			
	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látzó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látzó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látzó- sugara			
1954	h m	° ' "		h m	° ' "		h m	° ' "				
Jan. 1	18 09	—24 29	2,35	18 14	—23 36	4,97	14 20	—12 44	2,55			
6	18 43	24 34	2,33	18 41	23 30	4,95	14 31	13 42	2,62			
11	19 19	24 03	2,33	19 08	23 06	4,94	14 43	14 38	2,69			
16	19 54	22 56	2,35	19 35	22 24	4,92	14 55	15 31	2,77			
21	20 30	21 10	2,40	20 02	21 25	4,92	15 06	16 22	2,85			
26	21 05	18 45	2,49	20 29	20 09	4,91	15 18	17 10	2,93			
31	21 39	15 44	2,63	20 54	18 40	4,91	15 29	17 56	3,03			
Febr. 5	22 11	12 13	2,85	21 20	16 56	4,91	15 41	18 38	3,13			
10	22 39	8 32	3,18	21 45	15 01	4,91	15 53	19 17	3,24			
15	22 58	5 14	3,66	22 09	12 56	4,92	16 04	19 53	3,35			
20	23 05	3 09	4,29	22 33	10 42	4,93	16 15	20 27	3,48			
25	22 57	2 57	4,92	22 56	8 21	4,94	16 27	20 57	3,61			
Márc. 1	22 43	4 07	5,26	23 15	6 24	4,95	16 36	21 19	3,73			
6	22 25	6 26	5,32	23 38	3 54	4,97	16 47	21 45	3,88			
11	22 14	8 36	5,06	0 01	— 1 21	4,99	16 57	22 07	4,05			
16	22 14	9 56	4,66	0 23	+ 1 13	5,02	17 08	22 27	4,23			
21	22 22	10 20	4,25	0 46	— 3 46	5,05	17 18	22 44	4,42			
26	22 37	9 52	3,89	1 09	6 17	5,08	17 28	22 59	4,63			
31	22 57	8 39	3,59	1 32	8 45	5,12	17 38	23 13	4,85			
Ápr. 5	23 20	6 47	3,33	1 55	11 08	5,16	17 47	23 24	5,09			
10	23 45	4 21	3,12	2 18	13 24	5,21	17 56	23 35	5,35			
15	0 13	— 1 25	2,93	2 42	15 33	5,26	18 04	23 44	5,64			
20	0 43	+ 1 59	2,78	3 06	17 31	5,32	18 11	23 53	5,94			
25	1 15	5 45	2,66	3 31	19 18	5,38	18 18	24 03	6,27			
30	1 50	9 48	2,57	3 56	20 53	5,45	18 24	24 12	6,62			
Máj. 5	2 29	13 57	2,52	4 22	22 14	5,33	18 29	24 23	6,99			
10	3 10	17 56	2,53	4 48	23 19	5,61	18 33	24 33	7,39			
15	3 54	21 21	2,60	5 14	24 07	5,70	18 36	24 50	7,81			
20	4 38	23 50	2,76	5 41	24 39	5,80	18 37	25 10	8,24			
25	5 19	25 15	2,98	6 07	24 53	5,91	18 38	25 25	8,68			
30	5 55	+25 39	3,27	6 34	+24 49	6,03	18 37	—25 46	9,12			

és látszólagos sugara o^h világidőkor

Dátum	JUPITER				SZATURNUSZ				URÁNUSZ			
	Rekta- szcen- ziója		Dekliná- ciója		Rekta- szcen- ziója		Dekliná- ciója		Rekta- szcen- ziója		Dekliná- ciója	
1954	h	m	°	'	h	m	°	'	h	m	°	'
Jan.	1	5 12	+22 32	22,03	14 24	—11 47	7,33		7 32	+22 13	1,93	
	6	5 10	22 30	21,85	14 25	11 53	7,37		7 32	22 14	1,93	
	11	5 08	22 28	21,64	14 26	11 58	7,43		7 32	22 17	1,93	
	16	5 06	22 26	21,40	14 27	12 03	7,49		7 31	22 19	1,93	
	21	5 04	22 25	21,14	14 28	12 06	7,55		7 30	22 21	1,93	
	26	5 02	22 24	20,85	14 29	12 09	7,61		7 29	22 23	1,93	
	31	5 02	22 24	20,56	14 30	12 11	7,68		7 28	22 24	1,93	
Febr.	5	5 01	22 24	20,25	14 31	12 13	7,74		7 27	22 26	1,93	
	10	5 01	22 25	19,93	14 31	12 13	7,81		7 26	22 28	1,92	
	15	5 01	22 26	19,62	14 31	12 13	7,88		7 26	22 29	1,92	
	20	5 02	22 28	19,30	14 31	12 11	7,94		4 25	22 31	1,91	
	25	5 03	22 30	18,99	14 31	12 10	8,02		7 24	22 32	1,90	
Márc.	1	5 04	22 32	18,74	14 31	12 07	8,06		7 24	22 32	1,90	
	6	5 05	22 34	18,43	14 30	12 04	8,12		7 23	22 33	1,89	
	11	5 07	22 38	18,14	14 30	12 00	8,18		7 23	22 34	1,89	
	16	5 09	22 41	17,86	14 29	11 55	8,23		7 23	22 34	1,88	
	21	5 11	22 45	17,58	14 28	11 50	8,28		7 23	22 35	1,87	
	26	5 14	22 48	17,32	14 27	11 44	8,33		7 23	22 35	1,86	
	31	5 17	22 52	17,07	14 26	11 38	8,37		7 23	22 35	1,85	
Ápr.	5	5 20	22 56	16,84	14 25	11 31	8,40		7 23	22 34	1,84	
	10	5 23	23 00	16,62	14 23	11 24	8,43		7 29	22 34	1,84	
	15	5 27	23 03	16,40	14 22	11 17	8,45		7 23	22 33	1,83	
	20	5 31	23 07	16,21	14 21	11 09	8,46		7 24	22 32	1,82	
	25	5 34	23 10	16,03	14 19	11 02	8,47		7 24	22 31	1,81	
	30	5 39	23 13	15,86	14 18	10 54	8,47		7 25	22 30	1,80	
Máj.	5	5 43	23 15	15,71	14 16	10 47	8,46		7 25	22 28	1,80	
	10	5 47	23 18	15,57	14 15	10 40	8,44		7 26	22 27	1,79	
	15	5 52	23 19	15,44	14 13	10 34	8,42		7 27	22 25	1,78	
	20	5 56	23 21	15,33	14 12	10 27	8,39		7 28	22 23	1,78	
	25	6 01	23 21	15,23	14 11	10 22	8,36		7 29	22 21	1,77	
	30	6 05	+23 21	15,13	14 10	—10 17	8,32		7 30	+22 19	1,78	

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR				VÉNUSZ				MARS			
	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara		Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara		Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	
1954	h m	° ' "	"		h m	° ' "	"		h m	° ' "	"	
Jún. 5	6 32	+25 07	3,70		7 05	+24 20	6,18		18 34	-26 13	9,64	
10	6 55	24 05	4,13		7 31	23 38	6,32		18 30	26 37	10,03	
15	7 11	22 43	4,60		7 57	22 39	6,48		18 24	27 00	10,37	
20	7 19	21 16	5,08		8 22	21 25	6,64		18 18	27 22	10,64	
25	7 20	19 55	5,53		8 46	19 56	6,82		18 11	27 42	10,83	
30	7 12	18 50	5,84		9 10	18 15	7,02		18 05	27 58	10,93	
Júl. 6	6 58	18 09	5,89		9 38	15 59	7,27		17 56	28 12	10,91	
11	6 46	18 09	5,62		10 00	13 54	7,51		17 51	28 18	10,80	
16	6 39	18 40	5,12		10 22	11 42	7,76		17 46	28 22	10,61	
21	6 42	19 31	4,53		10 43	9 24	8,04		17 42	28 22	10,35	
26	6 55	20 27	3,95		11 04	7 00	8,34		17 40	28 20	10,05	
31	7 18	21 05	3,45		11 24	4 32	8,67		17 40	28 17	9,71	
Aug. 5	7 50	21 04	3,05		11 44	+ 2 02	9,03		17 41	28 13	9,36	
10	8 28	20 04	2,77		12 04	- 0 30	9,42		17 44	28 07	9,00	
15	9 09	17 59	2,58		12 23	3 01	9,86		17 48	28 01	8,64	
20	9 50	15 00	2,48		12 42	5 30	10,34		17 54	27 54	8,29	
25	11 28	11 28	2,44		13 01	7 57	10,86		18 01	27 46	7,96	
30	11 03	7 39	2,44		13 19	10 20	11,45		18 08	27 36	7,63	
Szept. 5	11 41	+ 2 59	2,48		13 41	13 05	12,24		18 19	27 21	7,26	
10	12 10	- 0 49	2,54		13 58	15 14	12,98		18 29	27 06	6,97	
15	12 38	4 29	2,62		14 16	17 17	13,82		18 40	26 48	6,69	
20	13 04	7 55	2,73		14 32	19 10	14,75		18 51	26 26	6,43	
25	13 29	11 05	2,87		14 48	20 53	15,81		19 03	26 01	6,18	
30	13 52	13 55	3,05		15 03	22 24	17,00		19 15	25 32	5,95	
Okt. 5	14 13	16 20	3,29		15 16	23 44	18,35		19 27	24 58	5,73	
10	14 31	18 10	3,59		15 28	24 49	19,87		19 40	24 20	5,53	
15	14 42	19 13	3,98		15 37	25 38	21,56		19 54	23 37	5,33	
20	14 45	19 08	4,44		15 43	26 10	23,42		20 07	22 50	5,14	
25	14 34	17 24	4,85		15 46	26 20	25,39		20 20	21 59	4,97	
30	14 13	-14 04	4,96		15 44	-26 05	27,39		20 34	-21 03	4,80	

és látszólagos sugara ^oh világidőkor

Dátum	JUPITER				SZATURNUSZ				URÁNUSZ			
	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó sugara			
1954	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"			
Jún. 5	6 11	+23 21	15,05	14 08	-10 12	8,26	7 31	+22 16	1,76			
10	6 16	23 20	14,99	14 08	10 08	8,21	7 32	22 14	1,76			
15	6 21	23 18	14,94	14 07	10 05	8,16	7 33	22 11	1,75			
20	6 26	23 16	14,90	14 06	10 03	8,10	7 34	22 09	1,75			
25	6 31	23 13	14,88	14 06	10 02	8,04	7 36	22 06	1,75			
30	6 36	23 10	14,86	14 05	10 02	7,97	7 37	22 03	1,74			
Júl. 6	6 42	23 05	14,86	14 05	10 03	7,89	7 38	21 59	1,76			
11	6 47	23 00	14,88	14 05	10 04	7,83	7 40	21 56	1,74			
16	6 51	22 55	14,90	14 05	10 07	7,76	7 41	21 53	1,74			
21	6 56	22 49	14,94	14 06	10 10	7,70	7 42	21 50	1,74			
26	7 01	22 43	14,99	14 06	10 14	7,63	7 44	21 47	1,74			
31	7 06	22 36	15,06	14 07	10 19	7,57	7 45	21 44	1,74			
Aug. 5	7 10	22 29	15,13	14 08	10 24	7,50	7 46	21 41	1,75			
10	7 15	22 21	15,22	14 09	10 30	7,44	7 47	21 38	1,75			
15	7 19	22 14	15,32	14 10	10 37	7,38	7 49	21 35	1,75			
20	7 24	22 06	15,43	14 11	10 45	7,33	7 50	21 32	1,76			
25	7 28	21 58	15,55	14 12	10 53	7,27	7 51	21 29	1,76			
30	7 32	21 50	15,69	14 14	11 02	7,22	7 52	21 26	1,76			
Szept. 5	7 37	21 40	15,87	14 16	11 13	7,16	7 53	21 23	1,77			
10	7 41	21 31	16,04	14 17	11 23	7,12	7 54	21 21	1,78			
15	7 44	21 23	16,22	14 19	11 33	7,08	7 55	21 18	1,78			
20	7 48	21 15	16,41	14 21	11 43	7,04	7 56	21 16	1,79			
25	7 51	21 07	16,62	14 23	11 54	7,01	7 57	21 14	1,80			
30	7 54	21 00	16,82	14 25	12 05	6,98	7 57	21 13	1,80			
Okt. 5	7 57	20 53	17,06	14 27	12 16	6,95	7 58	21 11	1,81			
10	7 59	20 47	17,06	14 29	12 26	6,93	7 58	21 10	1,82			
15	8 01	20 41	17,56	14 32	12 38	6,91	7 59	21 09	1,83			
20	8 03	20 36	17,82	14 34	12 50	6,89	7 59	21 08	1,84			
25	8 05	20 32	18,09	14 36	13 01	6,88	7 59	21 08	1,85			
30	8 06	+20 29	18,37	14 38	-13 12	6,88	8 00	+21 00	1,85			

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS		
	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara
1954	h m	° '	"	h m	° '	"	h m	° '	"
Nov. 5	13 52	—10 12	4,47	15 37	—25 10 29,55		20 50	—19 50	4,61
10	13 52	9 14	3,86	15 28	23 50 30,85		21 04	18 45	4,46
15	14 06	10 17	3,35	15 17	22 05 31,43		21 18	17 36	4,32
20	14 29	12 27	2,99	15 06	20 06 31,16		21 31	16 23	4,18
25	14 56	15 01	2,74	14 57	18 09 30,09		21 45	15 08	4,05
30	15 25	17 34	2,57	14 52	16 29 28,47		21 59	13 49	3,93
Dec. 5	15 56	19 54	2,46	14 50	15 15 26,54		22 12	12 27	3,81
10	16 28	21 52	2,38	14 52	14 28 24,54		22 25	11 04	3,70
15	17 02	23 25	2,33	14 58	14 08 24,54		22 39	9 38	3,60
20	17 36	24 28	2,31	15 07	14 12 20,83		22 52	8 11	3,49
25	18 10	24 59	2,31	15 18	14 33 19,22		23 05	6 42	3,40
30	18 46	—24 55	2,33	15 32	—15 08 17,79		23 18	5 12	3,30

és látszólagos sugara o^h világidőkor

Dátum	JUPITER				SZATURNUSZ				URÁNUSZ			
	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcen- ziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara			
1954	h m	° ' "		h m	° ' "		h m	° ' "				
Nov. 5	8 08	+20 26	18,71	14 41	-13 26	6,87	8 00	+21 08	1,86			
10	8 08	20 25	19,00	14 44	13 36	6,88	7 59	21 08	1,87			
15	8 09	20 24	19,29	14 46	13 47	6,88	7 59	21 09	1,88			
20	8 09	20 25	19,58	14 48	13 58	6,89	7 59	21 10	1,89			
25	8 08	20 27	19,87	14 51	14 08	6,91	7 59	21 11	1,90			
30	8 08	20 30	19,87	14 53	14 18	6,92	7 58	21 12	1,90			
Dec. 5	8 07	20 34	20,41	14 55	14 27	6,95	7 58	21 14	1,91			
10	8 05	20 39	20,65	14 57	14 36	6,97	7 57	21 16	1,92			
15	8 03	20 45	20,88	14 59	14 45	7,00	7 56	21 18	1,92			
20	8 02	20 52	21,08	15 01	14 53	7,04	7 56	21 20	1,93			
25	7 59	20 59	21,25	15 03	15 01	7,08	7 55	21 22	1,93			
30	7 57	+21 07	21,39	15 05	-15 08	7,12	7 54	+21 24	1,94			

III. A Jupiter 1—4. holdjának Magyarországon látható jelenségei középeurópai zónaidőben

A második és ötödik, ill. harmadik oszlopban a pontok elhelyezése nagyjából a holdaknak a bolygókoronghoz viszonyított látszólagos helyzeteket érzékeltetik; a mozgás iránya mindig a holdak megjelölésére szolgáló szám irányába esik. A k és v betű annak a megkülönböztetésére szolgál, hogy a megadott időpont a jelenség kezdetére vagy végére vonatkozik-e. «á» betű a holdak árnyékának a bolygókorongon való végigvonulási adatait jelöli meg.

Dátum	A h o l d a k a b o l y g ó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Január	23h 30m	h m	h m	23h 30m	h m
1				1. 2. 3 4.	
2	2. .1			3. 4.	
3	.2	1 k 22 20 á1 k 23 52	1 k 2 10	3. 4.	1 v 4 54
4	3. 4.	1 v 1 32 á1 v 2 04	2 k 2 35 1 k 20 36	.1 .2	1 v 23 23
5	3. 4. 1.	1 v 19 58 á1 v 20 33 2 k 21 24 á2 k 22 34 2 v 23 52			
6	4. .3 .2	á2 v 1 04		1.	
7	4. 1.		3 k 23 17	.2	2 v 19 25
8	4.			1.2.3	
9	.4 2. .1			3.	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Január	23 ^h 30 ^m	h m	h m	23 ^h 30 ^m	h m
10	.4 .2		1 k 3 55	1. 3.	
11	.4 3.	1 k 1 06 ál k 1 47 1 v 3 17 ál v 3 59	1 k 22 22	.2	
12	3. .41.2.	1 k 19 32 ál k 20 15 1 v 21 43 ál v 22 27 2 k 23 43			1 v 1 18
13	.3 .2	ál2 k 1 12 2 v 2 10 ál2 v 3 42		.1.4	1 v 19 47
14	1. .3		2 k 18 00	.2 .4	2 v 22 00
15			3 k 2 40 3 v 5 25	1. 2..3 .4	3 k 5 47
16	2. .1	ál2 v 17 01		3. .4	
17	.2			1. 3. 4.	
18	3.	1 k 2 52 3 v 19 02 ál3 k 19 42 ál3 v 22 33		.1 .2 4.	
19	3.	1 k 21 19 ál k 22 10 1 v 23 30	1 k 0 09	2. 4.	1 v 3 14
20	.3 2.	ál1 v 0 22 2 k 2 04 ál2 k 3 49		.1 4.	1 v 21 42
21	1. .34.	ál1 v 18 51	2 k 20 19		

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Január	23 ^h 30 ^m	¹ h m	h m	23 ^h 30 ^m	h m
22	4.			.1 2..3	2 v 0 36
23	4. .1 2.	á2 k 17 08 2 v 17 43 á2 v 19 38		.3	
24	4. .2			.1. 3.	
25	.4 3. .1	3 k 19 48 3 v 22 33 á3 k 23 42		.2	
26	.4 .3	á3 v 2 35 1 k 23 07	1 k 1 57	2.	
27	.4 .3 2.	á1 k 0 05 1 v 1 18 á1 v 2 17	1 k 20 24		1 v 23 38
28	.4 .3 1.	1 k 17 34 á1 k 18 34 1 v 19 45 á1 v 20 46	2 k 22 41		
29				.4 .1.32.	1 v 18 07
30	1. 2.	2 k 17 39 á2 k 19 46 2 v 20 07 á2 v 22 16		.4 .3	
31	.2			1. 3. .4	

Dátum	A h o l d a k a b o l y g ó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Február	22 ^h 45 ^m	h m	h m	22 ^h 45 ^m	h m
1	.1 3.	3 k 23 23		.2 .4	
2	3.	3 v 2 09		1.2. .4	
3	.3 2.	1 k 0 56 ál k 2 00 1 v 3 07	1 k 22 13	4.	
4	.3 1. .2	1 k 19 23 ál k 20 29 1 v 21 34 ál v 22 41		4.	1 v 1 33
5			2 k 1 05	1.3 .2 4.	3 k 17 48 1 v 20 02 3 v 20 42
6	1. 2.	ál v 17 10 2 k 20 06 ál k 22 24 2 v 22 34		4. .3	
7	.2 4.	ál v 0 54		.1 3.	
8	4. .1			3. .2	2 v 19 07
9	4. 3.			1. 2.	
10	4. 3. 2.	1 k 2 46		.1	
11	.4 .3 .2	1 k 21 14 ál k 22 24 1 v 23 25	1 k 0 04		
12	.4	ál v 0 36	1' k 18 32 3 v 19 48	.1 .2	3 k 21 49 1 v 21 58
13	.4 1.	1 v 17 53 ál v 19 05 2 k 22 35		.3	3 v 0 44
14	.2 .4	ál k 1 01 2 v 1 03		.1 3.	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Február	22h 45m	h m	h m	22h 45m	h m
15	.1			.4 .2 3.	2 v 21 43
16	3.			1. 2. .4	
17	3. 2..1			.4	
18	.3 .2 1.	1 k 23 05	1 k 1 56	.4	
19		ál k 0 19 1 v 1 17	1 k 20 24 3 k 20 46 3 v 23 36	.2 4.	1 v 23 53
20	1.	1 k 17 34 ál k 18 48 1 v 19 45 ál v 21 00		2. .3 4.	
21	2.	2 k 1 06		.1 3. 4.	1 v 18 22
22	1.		2 k 19 16 2 v 21 46	3. 4.	2 k 21 48
23	3. 4.	ál v 18 39		1. 2.	
24	3. 4. 2..1	ál v 19 27			
25	4. .3 .2			1.	
26	4.	1 k 1 58	1 k 22 18	.3 .2	
27	4. 1.	1 k 19 27 ál k 20 43 1 v 21 38 ál v 22 55	3 k 1 38	2. .3	
28	.4 2.			.1 3.	1 v 20 18

Dátum	A h o l d a k a b o l y g ó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Március	22 ^h 15 ^m	h m	h m	22 ^h 15 ^m	h m
1	.4 1.		2 k 21 49	3.	
2	.4 3.	á3 k 19 45 á3 v 22 40	2 v 0 19	.1 2.	2 k 0 25
3	3..1.42.	3 v 19 26 á2 k 19 34 á2 v 22 05			
4	.3 .2			1..4	
5	.3.1			.2 .4	
6		1 k 21 21 á1 k 22 39 1 v 23 33		2. .3 .4	
7	2.	á1 v 0 51		.1 .3 .4	1 v 22 13
8	1..2	á1 v 19 20		3. 4.	
9	3.	3 k 18 29 3 v 21 20 á3 k 23 46	2 k 0 24	.1 .2 4.	
10	3. .1 2.	2 k 19 34 2 v 22 03 á2 k 22 11		4.	
11	.3 .2	á2 v 0 42		1. 4.	
12	.3.14.			.2	2 v 18 53
13	4. 1.	1 k 23 17		2..3	
14	4. 2.		1 k 20 37	.3	
15	4. .2 1.	á1 k 19 03 1 v 19 57 á1 v 21 15		3.	

Dátum	A h o l d a k a b o l y g ó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogymatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Március	22h 15m	h m	h m	22h 15m	h m
16	4. 3.	3 k 22 32	.	.1 .2	
17	.4 3. 1.	2 k 22 12			
18	.4 .3 .2			1.	
19	.4 .3 .1			.2	2 v 21 30
20	.4			1. 3 2.	3 v 20 51
21	2.		1 k 22 33	.1 .4 .3	
22	.2 1.	1 k 19 42 ál k 20 58 1 v 21 54 ál v 23 11		3. .4	
23				3. .1 .2 .4	1 v 20 33
24	3. 1.			2. .4	
25	3. 2.			.1 4.	
26	.3 .1		2 v 21 33	4.	2 k 21 34
27			3 v 19 43	1. 2. 4.	3 k 21 52
28	2. .1	42 v 19 15		4. .3	
29	.2 4.	1 k 21 49 ál k 22 54 1 v 23 52		3.	
30	4.		1 k 19 00	3. 2.	1 v 22 29
31	4. 3. 1.	ál v 19 35		2.	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Április	21 ^h 45 ^m	h m	h m	21 ^h 45 ^m	h . m
1	4. 3. 2.			.1	
2	.4 .3 1.		2 k 21 43		
3	.4		3 k 20 59 3 v 23 50	1. 2.	
4	.4 .1 2.	á2 k 19 19 2 v 19 26 á2 v 21 51		.3	
5	.4 .2	1 k 23 38		1. 3.	
6			1 k 20 59	.4 .23.	
7	3. 1.	á3 v 18 48 á1 k 19 18 1 v 20 20 á1 v 21 31		2. .4	
8	3. 2.			.1 .4	1 v 18 53
9	.3 1..2			.4	
10.	.3			1. .2 .4	
11	.1	2 k 19 39 á2 k 21 55 2 v 22 10		.3 4.	
12	.2			1. 3. 4.	
13			1 k 22 58	.1.2 3. 4.	
14	3.	á3 k 19 48 1 k 20 07 á1 k 21 13 1 v 22 20 á3 v 22 50		4. 2.	
15	3. 2. 4.			.1)	1 v 20 48

Dátum	A h o l d a k a b o l y g ó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Április	21 ^h 45 ^m	h m	h m	21 ^h 45 ^m	h m
16	4. 3 1. 2				
17	4. . 3			. 1 . 2	
18	4. . 1 2.	2 k 22 23		. 3	
19	. 4 . 2			1. . 3	
20	. 4 . 1			. 2 3.	2 v 21 19
21	. 4 1.	3 k 19 35 1 k 22 07 3 v 22 34		2.	
22	3. . 4 2.				
23	. 3 . 2 1.	ál v 19 51		. 4	
24	. 3			. 1 . 2 . 4	
25	1.			2. . 3 . 4	
26	2.			1. . 3 . 4	
27	. 1			3. . 4	
28	3.			1. 2. . 4.	
29	3. . 2		1 k 21 27	4.	
30	. 3 . 2 1.	ál k 19 33 1 v 20 50 ál v 21 47		4.	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (á)	mögött		
Május	21h 30 ^m	h m	h m	21h 30 ^m	h m
1	.3			4. 1 .2	1 v 19 07
2	4. 1.			2. 3	3 v 20 59
3	4. 2.			.1 .3	
4	4. .1		2 k 22 10	.2 3.	
5	4.			3. 1. 2.	
6	.4 3. 2. .1	2 v 19 51 42 v 21 34			
7	.4 3. .2	1 k 20 37 41 k 21 28			
8	.4 .3			.1. 2	1 v 21 02
9	.4 1.		3 v 21 38	2.	3 k 21 53
10	2.			.4. 1 .3	
11	.1 .2			.4 3.	
12				1. 3. .2 .4	
13	3. .1	2 k 20 05 42 k 21 35		.4	
14	3. .2 1.			4.	
15.	.3		1 k 19 58	.2 4.	

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán	fogyatkozás
		előtt ill. árnyékuk (a)'	mögött		
Május	21 ^h 30 ^m	h m	h m	21 ^h 30 ^m	h m
16	1.	ál v 20 07		.3 2. 4)	
17	2.			.1 4..3	
18	1..2 4.			3.	
19	4.			1. 3..2	
20	4. 3..1 2.			.	
21	4. 3. .2			1.	
22	4. .3			.1.2	2 v 21 10
23	.4 .3 1.	1 v 21 25		2.	
24	.4 2.			.1 .3	1 v 19 20
25	.4 .21.			.3	
26	.4			.1.2 3.	
27	.1 3.	á3 k 19 50 3 v 20 42		2..4	
28	3. 2.			1. .4	
29	.3 .1			.4	
30	.3			2. .4	
31	2.	.		.1 .3 4.	1 v 21 14

Dátum	A holdak a bolygó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
Aug.	h m	4h 30m	h m	h m	4h 30m
1		.4 3. 2 1.			
2		3. .4			.2 .1
3		.3 .1			.4 2.
4		2.			.31. .4
5		.2 .1			.3 .4
6				.	.2 3. .4
7		2.			.1 3. .4.
8		.2 3. 1.			4.
9		3.			.2 .1 4.
10		.3 1.	.		2. 4.
11		2.4.		„	1.
12		4. 2 .1			.3
13		4.			1. .2 3.
14	1 k 2 58	4.			2. 3.
15		4. 2.3.1.			

Dátum	A h o l d a k a b o l y g ó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
Aug.	h m	4h 30m	h m	h m	4h 30m
16		.4 3.			.1
17		.4 .3 1.			2.
18		.4 2. 3			1.
19		.2.4.1			.3
20					1..4.2.3
21					.1 2.3..4
22		2. 3.	ál k 2 10 3 v 2 25		.4
23		3.			.2.1 .4
24		.3 1.			.2 4.
25		.3 2.			.1 4.
26		.2 .1			.3 4.
27					1..2 4..3
28		.1	4 k 4 26		2. 3.
29		4.2. 1.	ál v 3 03 3 k 3 24 ál k 4 04		
30		4. 3. .2		, 1 v 4 24	.1
31		4. .3 1.			.2

Dátum	A h o l d a k a b o l y g ó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
Szept.	h m	4h 15m	h m	h m	4h 15m
1		4. .3	2 k 3 19 á2 v 4 07		.1
2		.4 .2 1.			.3
3		.4			1..2 .3
4		.4 .1			2. 3.
5	4 k 4 03	2.	á3 k 3 43		3.1.
6	1 k 3 07	3. .2			.4
7		3. .1	á1 v 2 42 1 v 3 43		.2 .4
8		.3	á2 k 4 01		2..1 .4
9		2. 1.			.3 .4
10				2 v 3 57	.2 .1 .3 4.
11		.1			2. 3. 4.
12		2.			3.1. 4.
13	1 k 5 00	3..2 .1			4.
14		3. 4.	á1 k 2 21 1 k 3 26 4 v 3 31 á1 v 4 36		.2
15		4..3		1 v 2 51	2..1

Dátum	A h o l d a k a b o l y g ó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	k o r o n g j a		keleti oldalán
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
Szept.	h m	4h 15m	h m	h m	4h 15m
16		4. 2. 1.		3 k 2 06	
17		4.			.1 .3.
18		4. .1			2. 3.
19		.4 2.			1. 3.
20		.4 .23. .1			
21		3. .4 1.	ál k 4 15		.2
22	1 k 1 22	.3 .4		1 v 4 48	2.
23	3 k 1 35 3 v 4 57	2. 1.	1 v 2 08		.4
24	2 k 4 15				.1 .3 .4
25		1.			.2 3. .4
26		2.	2 v 1 08 2 v 3 32		1. 3. .4
27		.2 .13.			4.
28		3.			1. .2 4.
29	1 k 3 15	.3			2. 4.
30		2. .31.	1 k 1 49 ál v 2 52 1 v 4 05		4.

Dátum	A holdak a bolygó				
			korongja		keleti oldalán
	fogyatkozás	nyugati oldalán	előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
Október	h m	3h 45m	h m	h m	3h 45m
1		.2 4.		1 v 1 14	.1 .3
2		4. 1.			.2 .3
3		4.	á2 k 1 01 2 k 3 28 á2 v 3 42		.1 3.
4		4. .2 .1	3 k 0 38 3 v 4 05		
5		.4 3.		2 v 1 24	.21.
6	1 k 5 09	.4 .3 .1			2.
7		.4 2. 3	á1 k 2 30 1 k 3 45 á1 v 4 45		
8		.4 .2		1 v 3 10	.1 .3
9		1.	1 v 0 29	4 k 3 55	.4 .2 .3
10			á2 k 3 36		2..1 .4 3.
11		2. 1. 3.	á3 v 2 56 3 k 4 44	"	.4
12		3.		2 v 4 03	1. .4
13		.3 .1			2. .4
14		.3 2.	á1 k 4 24 1 k 5 40 á1 v 6 39		1. 4.
15	1 k 1 30	.2		1 v 5 05	.3 4.

Dátum	A h o l d a k a b o l y g ó				
	nyugati oldalán		k o r o n g j a		keleti oldalán
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
Október	h m	3h 45m	h m	h m	3h 45m
16		1.	1 k 0 08 á1 v 1 07 1 v 2 24		.2 4. 3
17			á4 k 2 04 á4 v 5 14		2.4. 1 3.
18		2. 4. 1.	á3 k 3 35		3.
19	2 k 1 18	4. 3.			1.
20		4. 3. .1			2.
21		4. .3 2.	2 v 0 47		1.
22	1 k 3 24	.4 .2		3 v 2 10	.3
23		.4	á1 k 0 46 1 k 2 03 1 v 4 18		.2 .3
24		.4		1 v 1 27	.1 2. 3.
25		2. 4 1.			3.
26	2 k 3 52	3. .2		4 v 2 01	.4. 1
27		3. .1			.2. 4
28		.3 2.	2 k 0 36 á2 v 0 45 2 v 3 21		1. .4
29	3 v 0 51 1 k 5 17	.2 .1		3 k 2 36 3 v 6 07	.4
30	1 k 23 46	1.	á1 k 2 39 1 k 3 55 á1 v 4 54		.2 .3 .4
31			á1 v 23 22	1 v 3 20	.1 2. 3. 4.

Dátum	A holdak a bolygó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
November	h m	3 ^h 15 ^m	h m	h m	3 ^h 15 ^m
1		2. 1.	1 v 0 38		3. 4.
2		3. 2	á4 v 23 20		.1 4.
3		3. 1.			4. .2
4		.3 4.	á2 k 0 37 2 k 3 08 á2 v 3 20 2 v 5 54		1.
5	3 k 1 25 3 v 4 51	4. 2 .1		3 k 6 28	
6		4.	á1 k 4 33 1 k 5 46	2 v 1 00	1. 2 .3
7	1 k 1 39	4.	á1 k 23 01	1 v 5 11	2. 3.
8		.4 2. 1.	1 k 0 14 á1 v 1 15 1 v 2 29 3 v 23 56	1 v 23 39	3.
9		.4 .23.			.1
10		3. 4 1.			.2
11	4 k 3 57	.3 .4	á2 k 3 12 2 k 5 38 á2 v 5 56		2. 1
12	3 k 5 23 2 k 22 18	2. 1. 3			.4
13			á1 k 6 26	2 v 3 28	1. .3 .4
14	1 k 3 33	.1			2. 3 .4
15	1 k 22 01	.2.	á1 k 0 54 á1 v 3 09 1 v 4 20 á3 v 22 52		3. .4
16		.2	3 v 3 45 1 v 22 47	1 v 1 29	.1 4.

Dátum	A holdak a bolygó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
November	h m	3h 15m	h m	h m	3h 15m
17		3. 1.			.2 4.
18		.3	á2 k 5 47		2. 1 4.
19		2. 3. 1			4.
20	2 k 0 52		4 k 0 21 4 v 4 19	2 v 5 54	1. 3
21	1 k 5 26	4. .1	á2 v 21 49		2. .3
22	1 k 23 55	4. 2. 1.	2 v 0 06 á1 k 2 47 1 k 3 53 á1 v 5 03 1 v 6 09 á3 k 23 26		3.
23		4. .2 3.	á3 v 2 51 3 k 3 51 á1 k 21 16 1 k 22 20 á1 v 23 31	1 v 3 19	
24		4. 3. 1.	1 v 0 36	1 v 21 46	.2
25		.4 .3			2. 1
26		.4 2. 3 1.		3 v 21 06	
27	2 k 3 26 4 k 21 57	.4			.2 1. 3
28	4 v 1 33	.1 4	á2 k 21 40 2 k 23 44		.2 .3
29		2.	á2 v 0 25 2 v 2 31 á1 k 4 41 1 k 5 51		1. .4 3.
30	1 k 1 48	.2	á3 k 3 24 á1 k 23 09	1 v 5 07 2 v 21 29	3 . .4

Dátum	A holdak a bolygó				
	nyugati oldalán		köröngeja		keleti oldalán.
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
Dec.	h m	2h 30m	h m	h m	2h 30m
1		3. 1.	1 k 0 08 ál v 1 24 1 v 2 24	1 v 23 34	-2 -4
2		3.	1 v 20 50		-1 2. -4
3	3 v 20 45	-3 -2 -1.		3 k 21 07	4.
4	2 k 6 00	-2		3 v 0 39	-3 -1 4.
5		-1			-2 -3 4.
6			42 k 0 10 2 k 2 06 42 v 3 01 2 v 4 54 ál k 6 34		1. 4. 3.
7	1 k 3 42	-2 4. -1		2 v 23 49	3.
8	1 k 22 11	4. 3.	ál k 1 02 1 k 1 54 ál v 3 18 1 v 4 10		-2
9		4. 3.	ál v 21 46 1 v 22 37	1 v 1 20	-1 2.
10	3 k 21 16	4. -3 2. 1.			
11		-4 -2		3 v 4 08	-1
12		-4 1.			-2 -3
13		-4	42 k 2 52 2 k 4 26 42 v 5 38		2. 1. 3.
14	1 k 5 36 2 k 21 51	2. -4 -1		4 k 22 59	3.

Dátum	A holdak a bolygó				
	fogyatkozás	nyugati oldalán	korongja		keleti oldalán
			előtt ill. árnyékuk (á)	mögött	
Dec.	h m	2h 30m	h m	h m	2h 30m
15		3. 1.	ál k 2 56 l k 3 40 ál v 5 11 l v 5 56	2 v 2 07 4 v 3 05	.2
16	1 k 0 05	3.	2 v 20 24 ál k 21 24 l k 22 06 ál v 23 40	1 v 3 06	2. 4
17		.3 2. 1.	1 v 0 22	1 v 21 33	.4
18	3 k 1 15	.2			.1 .4
19		1.			.2 .3 .4
20			á2 k 5 28		2. 1. 3. 4.
21		2. 1	3 v 21 16		3. 4.
22	2 k 0 25	3.	ál k 4 49 l k 5 24	2 v 4 23	1. 4.
23	1 k 1 59	3.	á4 k 1 52 á4 v 5 36 2 k 19 53 á2 v 21 33 2 v 22 43 ál k 23 18 l k 23 50	1 v 4 51	4. 2.
24	1 k 20 27	.3 4. 2. 1.	ál v 1 33 l v 2 07	1 v 23 18	
25	3 k 5 14	4. .2 .3	ál v 20 02 l v 20 33		.1
26		4. 1.			.2 .3

[illegible]

IV/1. A nappal és a szürkület tartama Magyarországon
(Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag)

Dátum	A n a p p a l			Polgári	Navigá- ciós	Csilla- gászati
				szürkület		
	t a r t a m a					
	46°	47°	48°			
földrajzi szélességnél.						
	óra perc	óra perc	óra perc	perc	óra perc	óra perc
Január	1 8 43	8 35	8 27	35	1 14	1 51
	7 8 49	8 43	8 35	35	1 13	1 50
	13 9 00	8 52	8 44	35	1 12	1 49
	19 9 10	9 04	8 58	34	1 11	1 48
	25 9 25	9 19	9 12	33	1 10	1 46
Február.	1 9 42	9 38	9 32	33	1 09	1 45
	7 9 59	9 55	9 49	32	1 08	1 44
	13 10 17	10 13	10 09	32	1 07	1 43
	19 10 35	10 32	10 29	31	1 07	1 42
	25 10 53	10 51	10 49	31	1 06	1 41
Március	1 11 06	11 04	11 02	31	1 06	1 41
	7 11 26	11 25	11 23	30	1 06	1 41
	13 11 46	11 44	11 44	30	1 06	1 42
	19 12 05	12 05	12 05	30	1 06	1 43
	25 12 25	12 25	12 27	31	1 07	1 44
Április	1 12 47	12 49	12 51	31	1 08	1 46
	7 13 07	13 09	13 11	31	1 09	1 49
	13 13 26	13 29	13 32	32	1 10	1 52
	19 13 45	13 48	13 52	32	1 12	1 56
	25 14 03	14 07	14 11	33	1 14	2 00
Május	1 14 21	14 25	14 31	34	1 17	2 05
	7 14 36	14 42	14 48	35	1 19	2 11
	13 14 52	14 58	15 05	36	1 22	2 18
	19 15 06	15 13	15 20	37	1 25	2 25
	25 15 18	15 26	15 33	38	1 28	2 33
Június	1 15 30	15 38	15 46	39	1 30	2 42
	7 15 38	15 46	15 54	39	1 33	2 49
	13 15 42	15 52	16 00	40	1 34	2 54
	19 15 45	15 54	16 03	40	1 35	2 57
	25 15 45	15 53	16 03	40	1 34	2 56

IV/1. A nappal és a szürkület tartama Magyarországon

(Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag)

Dátum	A n a p p a l			Polgári	Navigá- ciós	Csilla- gászati
	szürkület					
	t a r t a m a					
	46°	47°	48°			
földrajzi szélességnél						
	óra perc	óra perc	óra perc	perc	óra perc	óra perc
Július	1 15 41	15 50	15 59	40	1 33	2 52
	7 15 36	15 44	15 53	39	1 32	2 46
	13 15 27	15 35	15 43	38	1 29	2 38
	19 15 17	15 24	15 32	37	1 27	2 30
	25 15 04	15 12	15 18	37	1 24	2 23
Augusztus	1 14 48	14 54	15 00	35	1 21	2 15
	7 14 33	14 38	14 44	35	1 18	2 09
	13 14 15	14 21	14 25	34	1 16	2 03
	19 13 58	14 02	14 07	33	1 13	1 58
	25 13 41	13 44	13 47	32	1 11	1 54
Szept.	1 13 19	13 21	13 25	32	1 10	1 50
	7 13 00	13 02	13 04	31	1 08	1 48
	13 12 41	12 43	12 43	31	1 07	1 45
	19 12 21	12 22	12 23	30	1 06	1 44
	25 12 02	12 02	12 02	30	1 06	1 42
Október	1 11 43	11 42	11 41	30	1 06	1 42
	7 11 23	11 23	11 21	30	1 06	1 41
	13 11 04	11 02	11 00	31	1 06	1 41
	19 11 46	10 43	10 40	31	1 06	1 41
	25 10 27	10 24	10 20	31	1 07	1 42
November	1 10 07	10 02	9 57	32	1 08	1 43
	7 9 49	9 45	9 39	32	1 09	1 44
	13 9 34	9 28	9 22	33	1 10	1 46
	19 9 19	9 13	9 06	34	1 11	1 47
	25 9 06	9 00	8 52	34	1 12	1 48
December	1 8 56	8 48	8 40	35	1 13	1 49
	7 8 47	8 39	8 31	35	1 14	1 50
	13 8 42	8 34	8 27	35	1 14	1 51
	19 8 38	8 30	8 22	36	1 14	1 52
	25 8 39	8 31	8 22	36	1 14	1 51

IV/2. A nappal tartama különböző északi földrajzi szélességű helyeken

Földrajzi szélesség							
Dátum	10° h m	20° h m	30° h m	40° h m	50° h m	60° h m	65° h m
I 1	11 33	10 57	10 15	9 23	8 10	6 03	3 54
11	11 36	11 01	10 22	9 33	8 25	6 29	4 39
21	11 39	11 07	10 33	9 49	8 48	7 08	5 39
II 1	11 42	11 16	10 46	10 10	9 20	8 00	6 52
11	11 47	11 25	11 01	10 33	9 53	8 50	8 00
21	11 52	11 36	11 18	10 58	10 28	9 44	9 09
III 1	11 56	11 45	11 33	11 18	10 58	10 28	10 04
11	12 01	11 56	11 51	11 43	11 35	11 22	11 12
21	12 07	12 07	12 09	12 11	12 13	12 18	12 20
IV 1	12 14	12 20	12 29	12 39	12 55	13 17	13 35
11	12 18	12 31	12 47	13 05	13 31	14 12	14 44
21	12 24	12 42	13 04	13 30	14 07	15 05	15 52
V 1	12 29	12 52	13 20	13 54	14 41	15 58	17 03
11	12 33	13 01	13 35	14 15	15 13	16 49	18 14
21	12 37	13 09	13 47	14 34	15 40	17 35	19 26
VI 1	12 40	13 16	13 57	14 49	16 04	18 17	20 40
11	12 42	13 19	14 03	14 58	16 18	18 43	21 37
21	12 43	13 21	14 05	15 01	16 23	18 53	22 03
VII 1	12 42	13 19	14 03	14 58	16 18	18 43	21 38
11	12 41	13 16	13 57	14 50	16 04	18 18	20 42
21	12 37	13 10	13 48	14 36	15 44	17 41	19 34
VIII 1	12 33	13 02	13 34	14 16	15 14	16 51	18 17
11	12 29	12 53	13 20	13 55	14 43	16 01	17 06
21	12 24	12 42	13 04	13 32	14 09	15 09	15 56
IX 1	12 18	12 32	12 46	13 05	13 31	14 10	14 42
11	12 13	12 21	12 29	12 39	12 54	13 16	13 34
21	12 08	12 08	12 10	12 13	12 17	12 23	12 27
X 1	12 02	11 57	11 53	11 47	11 39	11 28	11 20
11	11 57	11 47	11 35	11 21	11 03	10 35	10 14
21	11 51	11 35	11 17	10 55	10 26	9 41	9 06
XI 1	11 47	11 25	10 59	10 29	9 48	8 43	7 51
11	11 42	11 16	10 44	10 08	9 16	7 53	6 43
21	11 38	11 07	10 32	9 48	8 47	7 07	5 37
XII 1	11 36	11 00	10 22	9 33	8 24	6 28	4 38
11	11 33	10 57	10 15	9 23	8 10	6 02	3 54
21	11 32	10 55	10 12	9 20	8 04	5 52	3 34

0° földrajzi szélességnél a nappal tartama az egész év folyamán 12^h07^m.
A nappal tartama = napkeltétől napnyugtáig eltelt idő, szabad horizontnál.
(A napkelte, ill. napnyugta a napkorong felső peremére vonatkozik.)

IV/3. A polgári szürkület tartama különböző északi földrajzi szélességű helyeken az évszakok kezdetekor

	III		VI		IX		XII	
	21		21		21		21	
Földr. szél.	h	m	h	m	h	m	h	m
0°	0	21	0	23	0	21	0	23
10°	0	21	0	23	0	21	0	23
20°	0	22	0	25	0	22	0	24
30°	0	24	0	27	0	24	0	26
40°	0	27	0	33	0	28	0	31
50°	0	32	0	45	0	33	0	39
60°	0	42	1	47	0	43	0	58
65°	0	50	(egész éjjel)		0	49	1	27

A polgári szürkület hosszának (tartamának) azt az időtartamot nevezzük, ami eltelik: a nap 6°-os horizont alatti magassága és napfelkelte között, ill. napnyugta és a Napnak 6°-nyira a horizont alá való leszállása között. Ezen időközökben általában lehet még a szürkületi világosságnál a szabadban olvasni.

Hasonló a jelentése a IV/1 táblázatban található navigációs és csillagászati szürkületnek, amelyek 12°, ill. 18°-os horizont magasságra vonatkoznak.

**IV/4. A Nap delelési magassága
különböző északi földrajzi szélességű helyeken**

Földrajzi szélesség										
Dátum	0°	10°	20°	30°	40°	50°	55°	60°	65°	47°
I	1 67°	57°	47°	37°	27°	17°	12°	7°	2°	20°
	11 68	58	48	38	28	18	13	8	3	21
	21 70	60	50	40	30	20	15	10	5	23
II	1 73	63	53	43	33	23	18	13	8	26
	11 76	66	56	49	36	26	21	16	11	29
	21 79	69	59	49	39	29	24	19	14	32
III	1 82	72	62	52	42	32	22	22	17	35
	11 86	76	66	56	46	36	31	26	21	39
	21 90	80	70	60	50	40	35	30	25	43
IV	1 86 -*	84	74	64	54	44	39	34	29	47
	11 82 -*	88	78	68	58	48	43	38	33	51
	21 78 -	88 -*	82	72	62	52	47	42	37	55
V	1 75 -	85 -*	85	75	65	55	50	45	40	58
	11 72 -	82 -*	88	78	68	58	53	48	43	61
	21 70 -	80 -*	90	80	70	60	55	50	45	63
VI	1 68 -	78 -	88 -*	82	72	62	57	52	47	65
	11 67 -	77 -	87 -*	83	73	63	58	53	48	66
	21 66,5 -	76,5 -	86,5 -*	83,5	73,5	63,5	58,5	53,5	48,5	66,5
VII	1 67 -	77 -	87 -*	83	73	63	58	53	48	66
	11 68 -	78 -	88 -*	82	72	62	57	52	47	65
	21 70 -	80 -	90 -	80	70	60	55	50	45	63
VIII	1 72 -	82 -*	88	78	68	58	53	48	43	61
	11 75 -	85 -*	85	75	65	55	50	45	40	58
	21 78 -	88 -*	82	72	62	52	47	42	37	55
IX	1 82 -*	88	78	68	58	48	43	38	33	51
	11 86 -*	84	74	64	54	44	39	34	29	47
	21 89,5 -*	80,5	70,5	60,5	50,5	40,5	35,5	30,5	25,5	43,5
X	1 87	77	67	57	47	37	32	27	22	40
	11 83	73	63	53	43	33	28	23	18	36
	21 79	69	59	49	39	29	24	19	14	32
XI	1 76	66	56	46	36	26	21	16	11	29
	11 73	63	53	43	33	23	18	13	8	26
	21 70	60	50	40	30	20	15	10	5	23
XII	1 68	58	48	38	28	18	13	8	3	21
	11 67	57	47	37	27	17	12	7	2	20
	21 66,5	56,5	46,5	36,5	26,5	16,5	11,5	6,5	1,5	19,5

A *-al jelzett dátumoknál a Nap delelési magassága azon helyeken 90° ahol:
földrajzi szélesség = 90° — (a Nap delelési magassága 0° földrajzi szélességnél).

**V. A Sarkcsillag felső delelésének ideje
középeurópai zónaidőben és azimutja Budapesten**

Dátum	Delelési idő		Egynapi változás		Óraszög		Azimut		Óraszög	
	h	m	m	s	h	m	°	'	h	m
Január 10	18	28	—3	57	0	00	0	00,0	24	00
20	17	48	3	57	0	30	0	11,2	23	30
30	17	08	3	57	1	00	0	22,2	23	00
Február 9	16	29	3	57	1	30	0	32,8	22	30
19	15	49	3	57	2	00	0	42,8	22	00
					2	30	0	52,1	21	30
Március 1	15	10	3	57	3	00	1	00,5	21	00
11	14	30	3	57	3	30	1	07,9	20	30
21	13	51	3	56	4	00	1	13,8	20	00
31	13	12	3	56	4	30	1	18,5	19	30
Április 10	12	32	3	56	5	00	1	22,0	19	00
20	11	53	3	56	5	30	1	23,9	18	30
30	11	14	3	56	6	00	1	24,4	18	00
Május 10	10	35	3	55	6	30	1	23,5	17	30
20	9	55	3	55	7	00	1	21,1	17	00
30	9	16	3	55	7	30	1	17,4	16	30
Június 9	8	37	3	55	8	00	1	12,4	16	00
19	7	58	3	55	8	30	1	06,2	15	30
29	7	19	3	55	9	00	0	59,0	15	00
					9	30	0	50,6	14	30
Július 9	6	40	3	55	10	00	0	41,6	14	00
19	6	01	3	55						
29	5	22	3	55	10	30	0	31,8	13	30
					11	00	0	21,5	13	00
Aug. 8	4	42	3	55	11	30	0	10,8	12	30
18	4	03	3	55	12	00	0	00,0	12	00
28	3	24	3	55						
Szept. 7	2	45	3	55	Poláris Északtól Nyugatra				Poláris Északtól Keletre	
17	2	06	3	55						
27	1	27	3	55						
Október 7	0	48	3	55						
17	0	08	3	56						
27	23	29	3	56						
Nov. 6	22	50	3	56						
16	22	10	3	56						
26	21	31	3	56						
Dec. 6	20	52	3	57						
15	20	12	3	57						
25	19	33	3	57						

A Sarkcsillag látszólagos koordinátái:

Deklináció: $+89^{\circ}03'$

Rektaszczenzió: 1^h51^m

VI. A Budapesten látható csillagfedések 1954-ben (Világidőben)

Dátum	N.Z.C.	Csillag	Mag.	Fázis	A Hold kora	Világidő	a	b	P
					d	h m	m	m	°
Jan. 2	2366	α Scor	1,2	D	27,0	9 41,3	-1,7	-0,6	83
2	2366	α Scor	1,2	R	27,0	11 00,1	-1,4	-1,3	281
13	438	+21° 397 <i>m</i>	6,7	D	8,8	22 25,3	-0,7	-0,8	71
13	440	ϵ Arie <i>m</i>	4,6	D	8,8	22 47,5	—	—	146
14	545	23 Taur	4,2	D	9,6	15 52,9	-0,4	+2,4	42
14	550	+23° 537	6,8	D	9,6	16 12,5	-1,2	+1,1	89
14	551	+23° 538	7,1	D	9,6	16 17,3	-0,9	+1,7	67
14	552	η Taur	3,0	D	9,6	16 38,4	-0,3	+3,3	24
14	559	+23° 556	6,6	D	9,7	17 04,0	-1,6	+0,4	102
14	560	27 Taur <i>m</i>	3,8	D	9,7	17 13,9	-1,2	+1,6	64
14	561	28 Taur	5,2	D	9,7	17 21,1	-1,0	+2,2	47
14	552	η Taur	3,0	R	9,6	17 26,9	-2,1	-0,8	301
14	567	+23° 569	6,8	D	9,7	17 43,1	-2,2	-1,1	123
14	570	+23° 570	6,8	D	9,7	18 08,8	-1,9	-0,4	108
14	587	+24° 599	6,4	D	9,8	21 49,1	-1,4	+0,1	58
15	733	+25° 746 <i>m</i>	7,2	D	10,7	19 04,6	-2,2	-3,0	142
17	936	5 Gemi	5,9	D	12,0	3 34,5	+1,1	-2,8	166
19	1205	217 B. Gemi	6,3	D	13,9	1 04,7	-2,1	-0,1	65
21	1519	155 B. Leon	6,5	R	16,9	23 02,9	—	—	244
Febr. 7	89	136 B. Pisc	6,5	D	4,0	16 20,5	-1,7	-1,8	104
10	550	+23° 537	6,8	D	7,3	23 32,5	-0,1	-0,8	66
10	551	+23° 538	7,1	D	7,3	23 42,2	-0,4	+0,1	37
11	703	+24° 674	6,3	D	8,2	19 43,1	-1,3	-1,9	116
12	867	+25° 941	6,9	D	9,2	21 40,4	-1,2	-1,0	87
13	1019	+24° 1332	6,7	D	10,2	19 33,5	—	—	32
14	1143	+21° 1630	6,8	D	11,1	18 37,8	—	—	177
15	1171	79 Gemi	6,3	D	11,4	1 47,8	+0,2	-2,3	148
15	1259	α^1 Canc	5,9	D	12,1	16 51,3	-0,3	+3,1	56
26	2366	α Scor	1,2	D	22,5	2 42,0	-0,8	0,0	139
26	2366	α Scor	1,2	R	22,5	3 47,3	-2,1	+1,0	245
Márc. 8	336	+17° 339	7,4	D	3,6	17 47,8	-0,8	-1,6	98
11	822	118 Taur <i>f</i>	5,9	D	6,7	21 45,6	-0,2	-1,8	108
13	1110	δ Gemi	3,5	D	8,7	19 10,6	-1,2	-2,3	140
13	1110	δ Gemi	3,5	R	8,7	20 19,6	-1,8	-0,5	261
13	1125	149 B. Gemi	6,4	D	8,8	22 53,7	-0,5	-1,7	103
13	1129	63 Gemi	5,3	D	8,8	23 21,1	-0,4	-1,7	104
16	1458	83 B. Leon	5,9	D	11,8	23 27,5	—	—	53
17	1465	89 B. Leon	6,3	D	11,9	0 42,8	-0,5	-2,1	136
17	1468	Leon	4,9	D	11,9	1 58,0	-0,2	-2,0	130
22	2066	-19° 3880	6,4	R	17,9	23 46,5	-0,1	-1,5	350
Ápr. 5	425	+19° 432	7,0	D	2,2	18 03,5	+0,4	-3,6	140
8	936	5 Gemi	5,9	D	5,4	21 47,8	-0,6	-0,3	45
9	1078	44 Gemi	5,9	D	6,3	19 31,1	-1,6	-0,4	67
10	1217	10 H Canc	6,1	D	7,4	22 05,3	-0,5	-1,5	93
11	1323	54 Canc	6,3	D	8,3	19 15,7	-2,0	-0,5	88

VI. A Budapesten látható csillagfedések 1954-ben (Világidőben)

Dátum	N.Z.C	Csillag	Mag.	Fázis	A Hold kora	Világidő	a	b	P
					d	h m	m	m	°
Ápr. 12	1428	0 Leon	3,8	D	9,4	21 43,0	+0,3	-3,3	179
13	1519	155 B. Leon	6,5	D	10,3	18 24,2	-1,5	-0,4	120
16	1800	-q Virg.	5,4	D	13,3	17 51,1	-0,8	+1,1	103
Máj. 6	1033	+22° 1456	6,8	D	3,9	19 50,6	+0,1	-1,8	122
20	2514	136 G. Ophi	6,3	R	17,2	0 13,9	—	—	334
25	3208	96 B. Aqar	6,5	R	22,2	0 39,3	-0,8	+2,0	219
Jún. 6	1457	+8° 2289	6,7	D	5,6	20 25,7	+0,5	-3,1	184
9	1752	64 B. Virg	6,5	D	8,7	20 30,3	0,9	-2,1	145
12	2076	-20° 4043	7,1	D	11,7	21 59,5	-1,5	-1,3	110
Júl. 17	3131	18 Aqar	5,5	R	17,4	23 19,1	-2,1	+0,3	282
25	556	104 B. Taur	5,5	R	24,6	1 50,4	—	—	327
Aug. 8	2349	σ Scor	3,1	R	9,8	18 04,5	-1,9	-0,2	276
9	2501	-26° 12095	7,5	D	10,9	20 54,4	-1,8	-1,5	117
17	3501	19 Pisc	5,3	R	18,1	1 48,4	-2,1	-1,0	281
19	233	101 Pisc	6,2	R	20,1	1 50,3	-1,1	+1,7	223
Szept. 4	2299	50 B. Scor	6,4	D	7,3	18 07,1	—	—	29
8	2892	-21° 5522	6,8	D	11,5	22 03,5	-1,9	-2,2	116
9	3011	-17° 6039	7,0	D	12,4	19 31,5	-1,2	+1,1	40
15	317	20 H. Arie	6,4	R	18,5	22 32,4	-0,8	+1,6	244
19	956	q Gemi	6,3	R	22,6	23 03,5	-0,6	0,0	320
20	983	36 B. Gemi	6,0	R	22,7	3 10,7	-1,3	+2,6	235
22	1241	+18° 1882	6,4	R	24,7	1 16,3	-0,2	+1,2	280
24	1465	89 B. Leon	6,3	R	26,8	3 23,6	-0,4	-0,8	334
Okt. 5	2822	222 B. Sgtr	5,6	D	8,7	18 09,8	-2,2	-1,1	111
6	2959	-18° 5637	7,2	D	9,8	20 23,5	-0,9	-0,3	58
9	3370	σ Pisc	6,2	D	12,9	22 58,9	-1,5	-1,5	99
15	584	33 Taur	6,0	R	18,0	2 11,0	-1,6	-0,2	262
Nov. 1	2769	168 B. Sgtr	6,3	D	6,0	16 57,8	-0,7	+0,4	32
3	3029	-16° 5690	6,9	D	8,0	17 29,8	-0,4	+1,5	14
4	3169	137 B. Capr	6,2	D	9,1	19 49,4	-0,6	+0,7	30
6	3453	K Pisc	4,9	D	11,2	22 47,9	-0,9	-1,2	84
6	3455	q Pisc	6,4	D	11,2	23 07,9	—	—	133
13	839	121 Taur	5,3	R	17,3	0 03,5	-1,6	+0,4	269
16	1284	90 B. Canc	6,3	R	20,3	0 28,3	-1,1	+2,9	241
20	1713	13 B. Virg.	5,8	R	24,4	4 02,7	-1,9	+2,2	254
30	2997	-17° 6014 m	7,1	D	5,2	18 03,4	-0,5	-0,1	47
Dec. 2	3248	-8° 5818	6,6	D	7,2	16 41,5	-1,8	0,0	80
4	3501	19 Pisc	5,3	D	9,1	14 59,0	-0,6	+2,1	30
4	3524	+3° 4909 m	6,9	D	9,3	21 26,8	-1,0	-2,2	105
5	89	136 B. Pisc	6,5	D	10,2	16 02,8	-0,9	+1,7	56
6	233	101 Pisc	6,2	D	11,2	15 38,1	+0,1	+2,7	13
11	976	μ Gemi	3,2	D	15,7	5 25,1	+0,3	-1,9	133
16	1582	237 B. Leon	6,3	R	20,7	5 04,9	-2,1	-0,5	264
29	3216	-9° 5876	6,6	D	4,4	17 05,5	-1,0	-0,8	74
30	3340	-3° 5505	7,5	D	5,4	18 20,0	+0,2	+3,1	357

A fényesebb csillagok fontosabb adatai

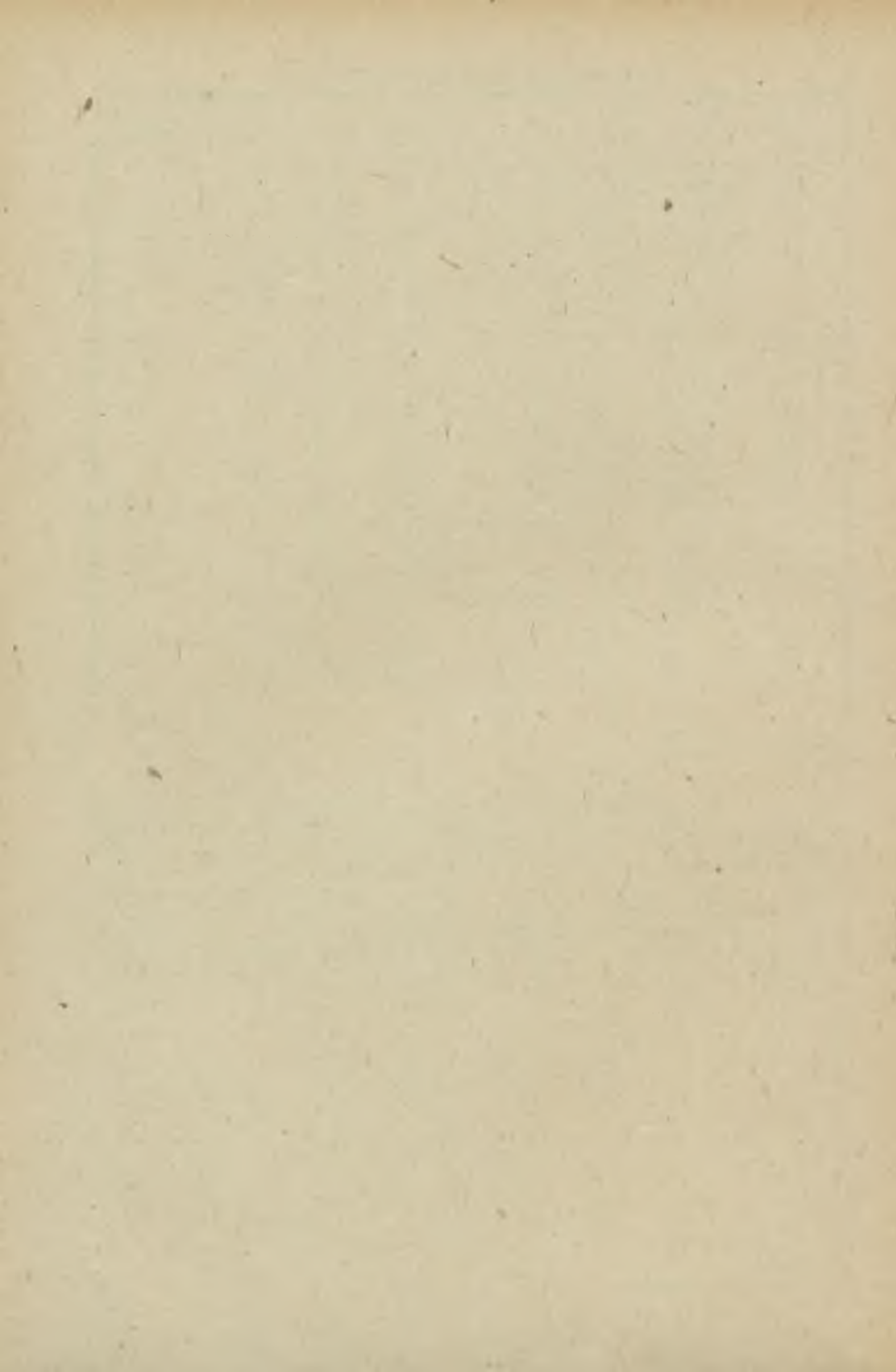
A csillag neve	RA 1950,0	D 1950,0	m	Sp	d (parsec)	M	RS	Jegyzet
α And	0h5m49s	28°49'	2,15	Alp	35,71	-0,61	-12v	
β Cas	0 6 30	58 52	2,42	F5	13,70	1,74	+12	
γ Peg	0 10 39	14 54	2,87	B2	142,9	2,91	+5v	
β Cet	0 41 4	18 16	2,24	K0	17,54	1,02	+13	
β And	1 6 55	35 21	2,37	Ma	23,26	0,54	0	
δ Cas	1 22 31	59 59	2,80	A4	31,25	0,33	-8v	
β Ari	1 51 52	20 34	2,72	A3	15,63	1,75	-4v	
γ And	2 0 49	42 5	2,28	K0	125,0	-3,21	-12	
α Ari	2 4 20	23 14	2,23	K2	22,73	0,44	-14	
α Per	3 20 44	49 41	1,90	F5	83,33	-2,70	-2	
ϵ Tau	3 44 30	23 57	2,96	B5p	58,82	-0,89	10	rot: 60
σ Per	3 50 59	31 44	2,91	B1	125,0	-2,58	21	
α Tau	4 33 3	16 25	1,06	K5	19,61	-0,40	54	r=80
β Eri	5 5 23	5 9	2,92	A3	25,64	0,88	-9	
β Ori	5 12 8	8 15	0,34	B8p	166,7	-5,77	+23v	rot: 25
α Aur	5 12 59	45 57	0,21	G1	14,08	-0,53	30v	
ν Ori	5 22 27	6 18	1,70	B2	71,43	-2,57	18	rot: 60
β Tau	5 23 8	28 34	1,78	B8	40,00	-1,32	+23v	
β Lep	5 26 6	20 48	2,96	G0	62,50	-1,02	-14	
ξ Ori	5 29 27	0 20	2,48	B0	200,00	-4,03	-12v	
α Lep	5 30 31	17 51	2,69	F0	90,91	-2,10	24	
ϵ Ori	5 32 59	5 56	2,87	O8	47,62	-0,52	22v	rot: 75
ϵ Ori	5 33 40	1 14	1,75	B0	142,9	-4,03	26	rot: 100
ϵ Ori	5 38 14	1 58	2,05	B0	125,0	-3,44	19	
ξ Ori	5 45 23	9 41	2,20	B0	166,7	-3,91	20	
β CMa	6 20 29	17 58	1,99	B1	90,91	-2,80	33v	
γ Gen	6 34 49	16 27	1,93	A0	23,81	0,05	v	
α CMa	6 42 56	16 39	1,58	A0	3,65	1,30	-8v	
ϵ CMa	6 56 40	28 54	1,63	B1	100,0	-3,37	27	
δ CMa	7 6 22	26 19	1,98	F8p	200,0	-4,53	34v	
η CMa	7 22 7	29 12	2,43	B5p	83,33	-2,17	40	
α Gem	7 31 25	32 0	1,58	A8A3	14,29	0,80	1v	rot: 50
α CMi	7 36 41	5 21	0,48	F5	3,44	2,80	-3v	
β Gem	7 42 16	28 9	1,21	K0	10,20	1,17	4	
α Hya	9 25 8	8 26	2,16	K2	62,50	-1,82	-4	
α Leo	10 5 43	12 13	1,34	B8	23,81	0,54	3	
γ Leo	10 17 13	+20 6	2,61	K0	50,00	-0,89	36	
β UMa	10 58 50	56 39	2,44	A0	23,26	0,16	-12v	
α UMa	11 0 39	62 1	1,95	K0	32,26	-0,59	-9v	
δ Leo	11 11 27	20 48	2,58	A3	19,61	1,12	-18v	rot: 175
β Leo	11 46 31	14 51	2,23	A2	12,99	1,06	-1	rot: 100
γ UMa	11 51 13	53 58	2,54	A0	27,03	0,38	-14	
γ Crv	12 13 14	17 16	2,78	B8	41,67	-0,32	-4v	
γ Vir	12 39 8	1 11	2,91	F0	10,53	2,80	-20	
ϵ UMa	12 51 50	56 14	1,68	A2p	14,93	0,81	-12v	rot: 50
α CVn	12 53 42	38 36	2,90	A0p	41,67	-0,20	-3	
ϵ Vir	12 59 41	11 14	2,95	K0	27,78	0,73	-14	
η UMa	13 45 34	49 34	1,91	B3	58,82	-1,93	-11	rot: 130
α Boo	14 13 23	19 27	0,24	K0	11,49	0,06	-4	r=65

A fényesebb csillagok fontosabb adatai

A csillag neve	RA 1950,0	D 1950,0	m	Sp	d (parsec)	M	RS	Jegyzet
α Cen*	14 ^h 36 ^m 11	—60°38'	0,06	G0,K5	1,32	4,45	—22	
β UMi	14 50 50	74 22	2,24	K5	35,71	—0,52	+17	
α CrB	15 32 34	26 53	2,31	A1	23,81	0,43	3 _v	rot: 130
δ Sco	15 57 22	—22 29	2,54	B0	90,01	—2,25	—16 _v	
α Sco	16 26 20	—26 19	1,22	M ₃ +A3	71,43	—3,05	—3 _v	r=331
β Her	16 28 4	21 36	2,81	G5	55,56	—0,91	26 _v	
τ Sco	16 32 46	28 7	2,91	B0	111,1	—2,32	1	
ξ Oph	16 34 24	—10 28	2,70	B0	166,7	—3,41	—19 _v	rot: 450
ξ Her	16 39 24	31 42	3,00	G0	9,09	3,21	—71 _v	
β Dra	17 29 18	52 20	2,99	G0	111,1	—2,24	—20	
α Oph	17 32 37	12 36	2,14	A5	20,41	0,59	15	
γ Dra	17 55 26	51 30	2,42	K5	45,45	—0,87	—27	
δ Sgr	18 17 48	—29 51	2,84	K0	31,25	0,37	—20	
λ Sgr	18 24 53	—25 27	2,94	K0	27,78	0,72	—43	
α Lyr	18 35 15	38 44	0,14	A0	8,26	0,55	—14	
σ Sgr	18 52 10	—26 22	2,14	B3	47,62	—1,25	—11	rot: 230
γ Aql	19 43 53	10 29	2,80	K2	55,56	—0,92	—2	
α Aql	19 48 21	8 44	0,89	A5	4,88	2,45	—27	rot: 270
α Cyg	20 39 44	45 06	1,33	A2p	200,0	—5,18	v	
ϵ Cyg	20 44 11	33 47	2,64	K0	25,64	0,60	—10 _v	
α Cep	21 17 23	62 22	2,60	A5	12,99	2,03	—12	
α Psa	22 54 54	—29 53	1,29	A3	6,90	1,48	6	rot: 100
β Peg	23 1 21	27 49	2,61	M2	55,56	—1,11	10	
α Peg	23 2 16	14 56	2,57	A0	30,30	0,16	—4 _v	

* tőlünk nem látható

Jegyzet. Az első oszlopban a csillag neve van a szokásos rövidítésekkel. A második a csillag a rektaszczenczióját, a harmadik deklinációját tartalmazza 1950,0 epochára. A negyedik oszlopban a látszólagos nagyságrend (magnitúdó) van, az ötödikben színképtípusa, hatodikban távolsága parsec-ban ($d=1/\pi$, π : parallaxis képlet alapján). A hetedik oszlop a csillag abszolút nagyságrendje ($M=m+5+5\log\pi$ képlet alapján). Az utolsó előtti oszlopban a radiális sebesség van. (A mínusz előjel azt jelenti, hogy a csillag távolodik) „Jegyzet” felírású rovatban „rot” a csillag egyenlítői forgási sebességét jelenti km/sec-ban, „r” a csillag sugarát (a Nap sugarát egységnek véve) interferometrikus mérések alapján.



A CSILLAGOS ÉG AZ 1954. ÉVBEN

(Az időpontok közép-európai időben vannak megadva)

Január

Gyűrűs napfogyatkozás 5-én nálunk nem figyelhető meg, csak az Antarktisz és a környezetében lévő tengerekről látható.

Teljes holdfogyatkozás 19-én, tőlünk is látható. Belépés a félárnyékba 0 óra 39,6 perckor, belépés a teljes árnyékba 1 óra 50,0 perckor, teljes fogyatkozás kezdete 3 óra 16,6 perckor, fogyatkozás közepe 3 óra 31,6 perckor, teljes fogyatkozás vége 3 óra 46,9 perckor, kilépés a teljes árnyékból 5 óra 13,5 perckor, kilépés a félárnyékból 6 óra 24,1 perckor.

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 17-ig a Sagittarius, utána a Capricornus csillagképekben. A hó utolsó napjaiban látható napnyugta után a délnyugati égbolton. 4-én 10 órakor együttállásban a Vénusszal ettől 1° -kal délre és ugyanazonnap 14 óra 37 perckor a Holddal, utóbbtól $7'$ -cel északra. 14-én 18 órakor felső együttállásban a Nappal. Fázisa 26-án 0,97, fényessége $-1.^m0$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 21-ig a Sagittarius, utána a Capricornus csillagképekben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 30-án felső együttállásban a Nappal. — *Mars* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. 2-án 22 órakor együttállásban a Szaturnusszal ettől 1° -kal délre, 28-án 16 órakor a Holddal ettől 6° -kal északra. Fényessége 15-én $+1.^m4$. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Taurus csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az egész éj folyamán látható. 16-án 2 órakor együttállásban a Holddal ettől 4° -kal délre. Fényessége 15-én $-2.^m2$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. 27-én 14 órakor együttállásban a Holddal ettől 8° -kal északra. Fényes-

sége 15-én $+0,^m8$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. Az egész éj folyamán látható. 11-én 20 órakor szembenállásban a Nappal. 18-án 13 órakor együttállásban a Holddal ettől 12'-cel északra. — *Neptunusz* 28-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Éjfél után látható a keleti égbolton.

Hullócsillagok

2-án és 3-án a Bootidák; 17-én a Cygnidák, lassú mozgásúak.

Február

Bolygók

Merkur 2-ig a Capricornus, utána az Aquarius csillagképekben tartózkodik. 19-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. Napnyugta után látható a nyugati égbolton. 4-én 22 órakor együttállásban a Holddal ettől 4° -kal délre, 25-én a Vénusszal ettől 5° -kal északra. 13-án legnagyobb keleti kitérésben, 18' távolságra a Naptól. Fázisa 15-én 0,46, fényessége $-0,^m1$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 12-ig a Capricornus, utána az Aquarius csillagképekben. A hó folyamán kezd látszani a nyugati égbolton közvetlen napnyugta után. 3-án 21 órakor együttállásban a Holddal ettől 3° -kal délre. Fázisa 15-én 1,0, fényessége $-3,^m5$. — *Mars* előretartó mozgást végez 12-ig a Libra, 22-ig a Scorpio és utána az Ophiucus csillagképekben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. 26-án 6 órakor együttállásban a Holddal ettől 4° -kal északra. Fényessége 15-én $+1,^m0$. — *Jupiter* 10-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. Az éjjelutáni órákban nyugszik és az éj első felében látható. 12-én 6 órakor együttállásban a Holddal ettől 3° -kal délre. Fényessége 15-én $-2,^m0$. — *Szturnusz* 18-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Libra csillagképben. Az éjjélkörüli órákban kel és hajnalig látható a keleti égbolton. 23-án 23 órakor együttállásban a Holddal ettől 8° -kal északra. Fényessége 15-én $+0,^m7$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán látható. 14-én 18 órakor szoros együttállásban a Holddal ettől 7'-cel északra. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. A későesti órákban kel és hajnalig látható. 22-én 20 órakor együttállásban a Holddal ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

5-től 10-ig az Aurigidák, nagyon lassúak, fényesek.

Bolygók

Merkur 13-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Aquarius csillagképben. A hó utolsó napjaiban figyelhető meg a keleti égbolton, közvetlen napkelte előtt. 1-én alsó együttállásban a Nappal. 4-én 17 órakor együttállásban a Holddal ettől 9'-cel délre. 28-án legnagyobb nyugati kitérésben 28° távolságra a Naptól. Fázisa 27-én 0,49, fényessége $+0.^m5$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 4-ig az Aquarius, utána a Pisces csillagképekben. A nyugati égbolton látható napnyugta után. 5-én 23 órakor együttállásban a Holddal ettől 6°-kal délre. Fázisa 15-én 0,98, fényessége $-3.^m4$. — *Mars* előretartó mozgást végez az Ophiucus csillagképben. Az éjfélutáni órákban kel és hajnalig látható a délkeleti égbolton. 26-án 16 órakor együttállásban a Holddal ettől 3°-kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m5$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. Az éjfélutáni órákban nyugszik és az éjszaka első felében látható. 11-én 14 órakor együttállásban a Holddal ettől 3°-kal délre. Fényessége 15-én $-1.^m8$. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Libra csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 23-án 3 órakor együttállásban a Holddal ettől 8°-kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m5$. — *Uránusz* 27-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán látható. 13-án 23 órakor együttállásban a Holddal ettől 13'-cel északra. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 22-én 1 órakor együttállásban a Holddal ettől 7°-kal északra.

Hullócsillagok

10-től 12-ig a Bootidák, gyors mozgásúak, maradandó nyommal.

Április

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 12-ig az Aquarius, utána a Pisces csillagképekben. A hó első napjaiban látható közvetlen napkelte előtt a keleti égbolton. 1-én 19 órakor együttállásban a Holddal ettől 7°-kal délre. Fázisa 6-án 0,63, fényessége $+0.^m3$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig a Pisces, 22-ig az Aries, utána a Taurus csillagképekben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 4-én 19 órakor együttállásban a Holddal ettől 6°-kal délre. Fázisa 15-én 0,95, fényessége $-3.^m3$. — *Mars* előretartó mozgást végez 2-ig az Ophiucus, utána a Sagittarius csil-

lagképekben. Az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 23-án 18 órakor együttállásban a Holddal ettől 1°-kal északra. Fényessége 15-én $-0.^m2$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Taurus csillagképben. Éjfél körül nyugszik és az éjszaka első felében látható, a nyugati égbolton. 8-án 4 órakor együttállásban a Holddal ettől 3°-kal délre. Fényessége 15-én $-1.^m6$. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez 27-ig a Libra, utána a Virgo csillagképekben. Az egész éj folyamán látható. 26-án szembenállásban a Nappal. 19-én 6 órakor együttállásban a Holddal ettől 8°-kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m4$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Az éjjelutáni órákban nyugszik és az éjszaka első felében látható. 10-én 5 órakor együttállásban a Holddal ettől 28'-cel északra. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. Az egész éj folyamán látható, 15-én szembenállásban a Nappal. 18-án 6 órakor együttállásban a Holddal ettől 7°-kal északra.

Hullócsillagok

19-től 23-ig a Lyridák, gyors mozgásúak, maradandó nyommal.

Május

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 11-ig az Aries, 30-ig a Taurus és utána a Gemini csillagképekben. A hó második felében figyelhető meg napnyugta után a nyugati égbolton. 8-án felső együttállásban a Nappal. 31-én 20 órakor együttállásban a Jupiterrel, ettől 2°-kal északra. Fázisa 26-án 0,70, fényessége $-0.^m4$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 23-ig a Taurus, utána a Gemini csillagképekben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 4-én 14 órakor együttállásban a Holddal ettől 3°-kal délre, 23-án 13 órakor a Jupiterrel, utóbbtól 1°-kal északra. Fázisa 15-én 0,89, fényessége $-3.^m4$. — *Mars* 23-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Sagittarius csillagképben. Az éjfélelőtti órákban kel és hajnalig látható a délkeleti égbolton. 21-én 9 órakor együttállásban a Holddal, ettől 1°-kal délre. Fényessége 15-én $-1.^m1$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 22-ig a Taurus, utána a Gemini csillagképekben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 5-én 21 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal délre. Fényessége 15-én $-1.^m5$. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán látható. 16-án 8 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m4$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillag-

képben. Az éjszaka első felében látható a nyugati égbolton. 7-én 14 órakor együttállásban a Holddal ettől 1° -kal északra. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Virgo csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán látható. 15-én 11 órakor együttállásban a Holddal ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

6-án az Aquaridák, nagyon gyorsak és hosszú pályájúak; 11-től 14-ig a Herculidák, gyors mozgásúak; 30-án a Pegasidák, gyorsak, maradandó nyommal.

Június

Teljes napfogyatkozás 30-án, nálunk csak mint részleges látható. A teljes fogyatkozás vonala átvonul Észak-Amerika keleti részén, Grönland és Izland déli fokán, Norvégia és Svédország déli részén, a Szovjetunió — Kíev és a Kaspi-tenger déli részének érintésével — és végül India északi részén. A részleges fogyatkozás adatai Budapestre: Fogyatkozás kezdete 12 óra 49,9 perckor, legnagyobb fázis 14 óra 6,8 perckor, fogyatkozás vége 15 óra 17,6 perckor, a fogyatkozás nagysága 0,82.

Bolygók

Merkur 22-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Gemini csillagképben. A hó első felében látható — az év folyamán megfigyelésre legalkalmasabb helyzetben — a nyugati égbolton a napnyugta utáni órákban. 2-án 21 órakor együttállásban a Holddal ettől 1° -kal északra. 9-én legnagyobb keleti kitérésben 24° távolságra a Naptól. Fázisa 10-én 0,36, fényessége $+0.^m8$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 15-ig, a Taurus, utána a Gemini csillagképekben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 3-án 12 órakor együttállásban a Holddal ettől 1° -kal északra, 10-én az Uránusszal utóbbtól szintén 1° -kal északra. Fázisa 15-én 0,81, fényessége $-3.^m4$. — *Mars* hátráló mozgást végez a Sagittarius csillagképben. Az egész éj folyamán látható. 24-én szembenállásban a Nappal, fényessége ekkor $-2.^m3$. Földközélbe csak a következő hó elején jut, az oppozíció további adatait l. o. 17-én 8 órakor együttállásban a Holddal, ettől 3° -kal délre. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A hó elején még megfigyelhető közvetlen napnyugta után a nyugati égbolton. 2-án 17 órakor együttállásban a Holddal, ettől 1° -kal délre. 30-án együttállásban a Nappal. Fényessége 4-én $-1.^m4$. — *Szturnusz* hátráló mozgást végez

a Virgo csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. 12-én 12 órakor együttállásban a Holddal ettől 8°-kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m7$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 4-én 1 órakor együttállásban a Holddal, ettől 1°-kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében látható. 11-én 17 órakor együttállásban a Holddal ettől 7°-kal északra.

Hullócsillagok

2-től 17-ig a Scorpionidák, lassúak és fényesek; 23-tól 30-ig a Draconidák, nagyon lassúak.

Július

Részleges holdfogyatkozás 15—16-án, nálunk is látható. Belépés a félárnyékba 15-én 22 óra 47,7 perckor, belépés a teljes árnyékba 16-án 0 óra 9,4 perckor, fogyatkozás közepe 1 óra 20,3 perckor, kilépés a teljes árnyékból 2 óra 31,3 perckor, kilépés a félárnyékból 3 óra 52,9 perckor. A fogyatkozás nagysága 0,41.

Bolygók

Merkur 17-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A hó végén látható napkelete előtt a keleti égbolton. 28-án 9 órakor együttállásban a Holddal ettől 2°-kal délre. Legnagyobb nyugati kitérésben 27-én 20° távolságra a Naptól. Fázisa 25-én 0,31, fényessége $+0.^m7$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig a Cancer, után a Leo csillagképekben. A nyugati égbolton látható napnyugta után. 3-án 16 órakor együttállásban a Holddal ettől 5°-kal északra. Fázisa 15-én 0,71, fényessége $-3.^m5$. — *Mars* 29-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Sagittarius csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán látható. 2-án földközeli, amikor is látszó átmérője 21,9 ívmásodperc, távolsága a Földtől 64 millió km. Fényessége $-2.^m2$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A hó utolsó napjaiban tűnik elő a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 28-án 9 órakor együttállásban a Holddal, megegyező koordináták mellett. Fényessége 31-én $-1.^m4$. — *Szaturnusz* 7-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A késő esti órákig látható a nyugati égbolton. 9-én 19 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8°-kal

északra. Fényessége $+0.^m8$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 16-án együttállásban a Nappal. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A későesti órákig látható a nyugati égbolton. 9-én 0 órakor együttállásban a Holddal ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

8-tól kezdve láthatók a Perseidák; 25-től 30-ig az Aquariadák, lassú mozgásúak.

Augusztus

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 6-ig a Gemini, 16-ig a Cancer és utána a Leo csillagképekben. A hó első napjaiban látható a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 4-én együttállásban az Uránusszal, ettől 1° -kal délre, 29-én 7 órakor a Holddal ettől 6° -kal északra. 21-én felső együttállásban a Nappal. Fázisa 15-én 0,95, fényessége $-1.^m4$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig a Leo, utána a Virgo csillagképekben. Az esti órákban látható a nyugati égbolton. 2-án 19 órakor együttállásban a Holddal ettől 6° -kal északra. Fázisa 15-én 0,59, fényessége $-3.^m8$. — *Mars* előretartó mozgást végez a Sagittarius csillagképben. Az éjszaka első felében látható a délnyugati égbolton. 10-én 9 órakor együttállásban a Holddal ettől 3° -kal délre. Fényessége 15-én $-1.^m4$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 25-én 2 órakor együttállásban a Holddal, ettől 1° -kal északra. Fényessége 15-én $-1.^m5$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Az esti órákban látható a délkeleti égbolton. 6-án 4 órakor együttállásban a Holddal, ettől 8° -kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m9$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 25-én 15 órakor együttállásban a Holddal, ettől 1° -kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A napnyugta utáni órákban látható a nyugati égbolton. 5-én 8 órakor együttállásban a Holddal, ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

9-én megy át a Föld a Perseidák legsűrűbb részén, melyek 20-ig láthatók.

Szeptember

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 5-ig a Leo, utána a Virgo csillagképekben. A hó második felében látható az esti szürkületben a nyugati égbolton. 29-én 9 órakor együttállásban a Holddal, ettől 3° -kal északra. Fázisa 23-án 0,78, fényessége $0.^m0$. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 15-ig a Virgo, utána a Libra csillagképekben. Napnyugta után látható a délnyugati égbolton. 1-én 16 órakor együttállásban a Holddal ettől 3° -kal északra, 2-án 17 órakor a Neptunusszal, ettől 4° -kal délre, 16-án 4 órakor a Szaturnusszal, ettől 6° -kal délre, és 30-án 23 órakor a Holddal, ettől 1° -kal északra. Legnagyobb keleti kitérésben 6-án, 46° távolságra a Naptól. Fázisa 15-én 0,43, fényessége $-4.^m1$. — *Mars* előretartó mozgást végez a Sagittarius csillagképben. Az esti órákban látható a délnyugati égbolton. 7-én 11 órakor együttállásban a Holddal ettől 3° -kal délre. Fényessége 15-én $0.^m7$. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 21-én 17 órakor együttállásban a Holddal ettől 1° -kal északra. Fényessége 15-én $-1.^m6$. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. Az esti szürkületben látható a nyugati égbolton. 2-án 15 órakor és 30-án 3 órakor együttállásban a Holddal, mindkét esetben utóbbtól 7° -kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m9$. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Gemini csillagképben. Az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 21-én 20 órakor együttállásban a Holddal ettől 1° -kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hó első napjaiban még látható közvetlen napnyugta után a nyugati égbolton. 1-én 17 órakor együttállásban a Holddal ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

7-től 15-ig a Perseidák.

Október

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 7-ig a Virgo, utána a Libra csillagképekben, 18-án hátráló mozgást vesz fel és 28-án újra a Virgo csillagképbe lép. A hó első felében látható napnyugtakor a délnyugati égbolton. 24-én 12 órakor együttállásban a

Szaternusszal, ettől 5°-kal délre, 27-én 9 órakor a Holddal ettől 3°-kal északra. 6-án legnagyobb keleti kitérésben 26° távolságra a Naptól. 29-én alsó együttállásban a Nappal. Fázisa 8-án 0,57, fényessége +0.^m3. — *Vénusz* 25-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Libra csillagképben. Napnyugta után látható a nyugati égbolton. 29-én 0 órakor együttállásban a Holddal ettől 3°-kal délre. Fázisa 11-én 0,26, ekkor éri el legnagyobb fényességét is, mely —4.^m3. — *Mars* előretartó mozgást végez 19-ig a Sagittarius, utána a Capricornus csillagképekben. A kora-esti órákban látható a délnyugati égbolton. 6-án 1 órakor együttállásban a Holddal, ettől 4°-kal délre. Fényessége 15-én —0.^m2. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 4-ig a Gemini, utána a Cancer csillagképekben. Az éjfélelőtti órákban kel és hajnalig látható. 8-án 5 órakor együttállásban az Uránusszal, ettől 21'-cel délre, 19-én 5 órakor a Holddal, ettől 2°-kal északra. Fényessége 15-én —1.^m8. — *Szaternusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. A hó elején napnyugtakor látható a délnyugati égbolton. Fényessége +0.^m8. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Cancer csillagképekben. A későesti órákban kel és hajnalig látható a keleti égbolton. 19-én 3 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 19-én együttállásban a Nappal.

Hüllőcsillagok

2-án a Quadrantidák; 9-én a Draconidák; 19-től 23-ig az Arietidák, nagyon lassúak és fényesek; 18-tól 20-ig az Orionidák, gyorsak, maradandó nyommal; 30-tól a Tauridák.

November

Bolygók

Merkur 18-ig a Virgo, utána a Libra csillagképekben tartózkodik, 7-ig hátráló, utána előretartó mozgást végezve. A hajnali szürkületben látszik a keleti égbolton. 24-én 2 órakor együttállásban a Szaternusszal, ettől 25'-cel délre és ugyanazon nap 4 órakor a Holddal, ettől 6°-kal északra, 25-én 6 órakor pedig a Vénusszal ettől 3°-kal északra. 15-én legnagyobb keleti kitérésben 19° távolságra a Naptól. Fázisa 12-én 0,47, fényessége —0.^m1. — *Vénusz* hátráló mozgást végez a Libra csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 15-én alsó együttállásban a Nappal. — *Mars* előretartó mozgást végez 29-ig a Capricornus, utána az Aquarius csillagképekben. Az esti órákban

látható a délkeleti égbolton. 3-án 20 órakor együttállásban a Holddal ettől 5°-kal délre. Fényessége 15-én $+0.^m3$. — *Jupiter* 17-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Cancer csillagképben. A koraesti órákban kel, és az egész éj folyamán látható. 15-én 15 órakor együttállásban a Holddal ettől 2°-kal északra. Fényessége 15-én $-1.^m9$. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. Nem figyelhető meg, 5-én együttállásban a Nappal. — *Uránusz* 3-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Cancer csillagképben. Napnyugta után kel és az egész éj folyamán látható. 15-én 11 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Virgo csillagképben. A hó vége felé kezd látható lenni közvetlen napkelte előtt a keleti égbolton.

Hullócsillagok

3-tól 15-ig a Leonidák, nagyon gyorsak; 17-től 27-ig az Andromedidák nagyon lassúak.

December

Gyűrűs napfogyatkozás 25-én, nálunk nem látható. A fogyatkozás megfigyelhető az Atlanti-óceán déli részeiről, Dél-Afrikából, az Indiai-óceánról, és az Antarktisz vele határos részeiről, Ausztráliából és az újguineai, hátsóindiai és Fülöp-szigetektől.

Bolygók

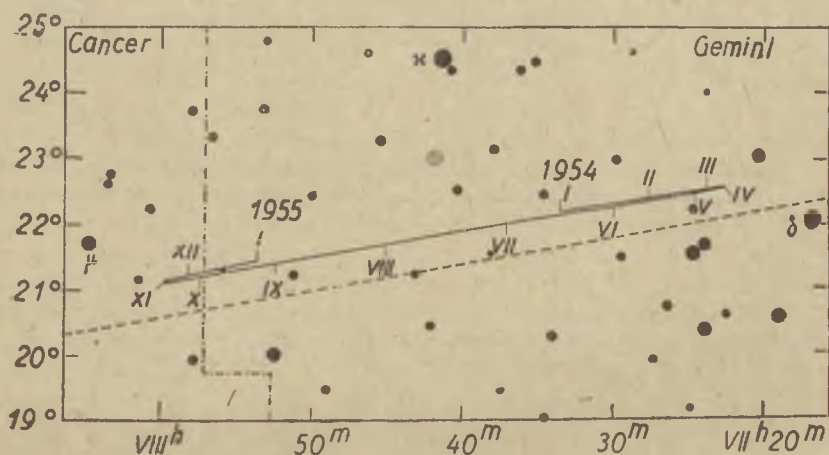
Merkur előretartó mozgást végez 6-ig a Libra, 9-ig a Scorpio, 21-ig az Ophiucus és utána a Sagittarius csillagképekben. A hó folyamán nem figyelhető meg, 25-én felső együttállásban a Nappal. — *Vénusz* 4-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Libra csillagképben. Hajnalban látható a keleti égbolton. 16-án 1 órakor együttállásban a Szturnusszal ettől 1°-kal északra és 21-én 21 órakor a Holddal ettől 7°-kal északra. Fázisa 21-én 0,26, ekkor éri el a legnagyobb fényességét is, mely $-4.^m4$. — *Mars* előretartó mozgást végez az Aquarius csillagképben. A koraesti órákban látható a délnyugati égbolton. 2-án 17 órakor és 30-án 13 órakor együttállásban a Holddal, mindkét esetben ettől 6°-kal délre. Fényessége 15-én $+0.^m7$. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Cancer csillagképben. Napnyugtakor kel és az egész éj folyamán látható. 12-én 23 órakor együttállásban a Holddal ettől 2°-kal északra. Fényessége 15-én $-2.^m1$. — *Sza-*

turnusz előretartó mozgást végez a *Libra* csillagképben. Hajnalban látható a keleti égbolton. 21-én 17 órakor együttállásban a *Holddal* ettől 6° -kal északra. Fényessége 15-én $+0.^m8$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez 7-ig a *Cancer*, utána a *Gemini* csillagképekben. A koraesti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 12-én 20 órakor együttállásban a *Holddal*, ettől 3° -kal északra. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a *Virgo* csillagképben. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. 20-án 2 órakor együttállásban a *Holddal* ettől 7° -kal északra.

Hullócsillagok

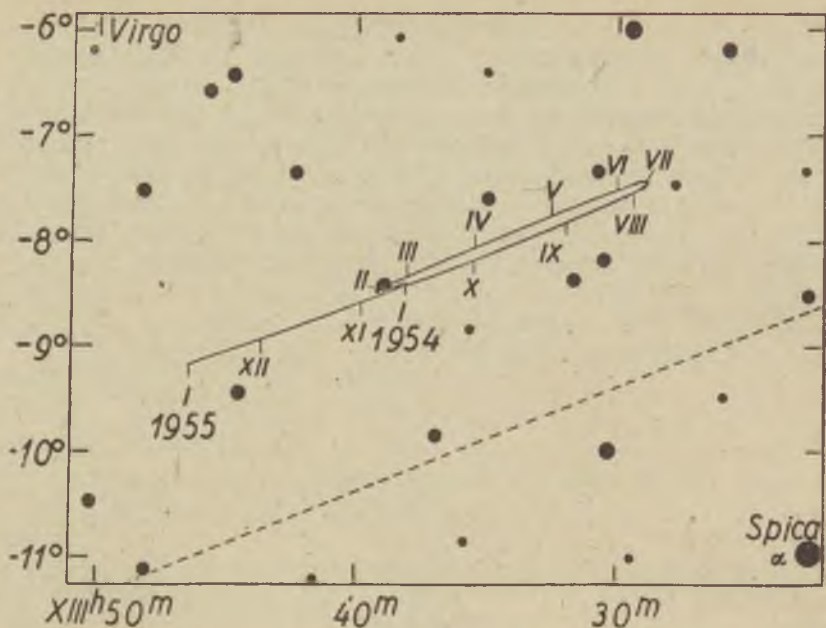
10-től 12-ig a *Geminidák*.

Guman István



a) URÁNUSZ

Az *Uránusz* látszó pályája a *Gemini* és *Cancer* csillagképekben. A római számok a bolygó helyzetét szemléltetik minden hónap első napján, 1954 I. 1-től 1955 I. 1-ig. A szaggatott vonalak az ekliptikát és a csillagképek határait jelzik. Fényessége az oppozíció idején (jan. 11) $5.^m8$



b) NEPTUNUSZ

A Neptunusz látszó pályája a Virgo csillagképben. A római számok a bolygó helyzetét szemléltetik minden hónap első napján, 1954 I. 1-től 1955 I. 1-ig. A szaggatott vonal az ekliptikát jelzi. Fényessége oppozíció idején (ápr. 15) 7^m7

c) PLUTO

Rektanszcenziója az 1954. év folyamán 9^h 53^m és 10^h 11^m között, deklinációja + 22° 04' és + 23° 27' között változik. Fényessége + 15^m

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE AZ 1952. ÉVBEN

Az Intézet életében az 1952. év legjelentősebb eseménye, hogy kialakultak és részben megindultak a Szovjetunió csillagászaival való kooperatív munkák. Az Intézet már a II. világháború előtt azon kevés magyar kutatóintézet közé tartozott, amely munkaprogramjában felhasználta a szovjet tudományos kutató munka eredményeit és tapasztalatait. Ennek folytán már akkor is élénk tudományos kapcsolatban voltunk szovjet kutatókkal. A felszabadulás után szovjet csillagászok kezdeményezték a kooperáció szorosabbá tételét. 1950-ben Kukarkin professzor ajánlott fel kooperációs munkákat a változócsillagok terén. Az előzetes levélbeli tárgyalások 1952. őszén döntő lépéssel haladtak előre, miután a római I. A. U. kongresszuson Kukarkin professzor lett a Nemzetközi Csillagászati Unió változócsillagbizottságának elnöke és ebben a minőségben hozzáfogott, hogy megszervezze a világ valamennyi obszervatóriumának együttműködését ezen a kutatási területen. 1952-ben leleveleztük, hogy az így kialakuló nagyarányú munkaközösségben milyen feladatot kap, illetve tud vállalni az Intézet. A kooperációs program végleges megállapítása 1953 őszére várható.

1952 márciusában felszólított bennünket a leningrádi Elméleti Csillagászati Intézet is, hogy működjunk együtt velük a kisbolygók vizsgálatában. Intézetünk feladata itt az, hogy felkutassa az efemerisek alapján azon kisbolygókat, amelyeket már régen észleltek, vagy amelyeknek pályaelemeik bizonytalanok és így a megadott efemerisektől nagyobb eltérés várható. Ehhez a programhoz fényerős, nagy látómezejű távcső szükséges, de ilyennel az Intézet csak 1957-ben fog rendelkezni. A jelenlegi felszereléssel így ezt a kooperációt csak szűk keretek között vállalhattuk. Az év folyamán műhelyünk elkészített egy 15 cm nyílású Zeiss-triplett lencsével ellátott nagylátómezejű kamrát és ezt a teljesen felújított 16 cm-es refraktorra szereltük, hogy ezzel némileg segítsünk felszerelésünk említett hiányosságán. De ez a kamra sem használható ki teljesen az Intézet jelenlegi helyén az ég világossága miatt.

Nagyot haladtunk előre az Intézet tudományos felszerelésének fejlesztése terén. Az 1951. évről szóló beszámolómban (az 1952. évi Csillagászati Évkönyv 36. old.) már említettem, hogy az Akadémia hozzájárult egy 90 cm nyílású Sonnefeld-típusú reflektor és egy ugyanilyen nagyságú objektívprizma beszerzéséhez. 1952 őszén a reflektor megrendelése a vételár harmadrészenek kifizetésével megtörtént. Az Akadémia hozzájárult egy Zeiss-féle blinkkomparátor és egy Kienle-rendszerű elektromikrofotométer beszerzéséhez. Ezek is igen nagy nyereségei lesznek tudományos felszerelésünknek, minthogy a jelenlegi régi-típusú blinkkomparátorunk maximálisan csak 13×18 cm nagyságú lemezek kidolgozására alkalmas, míg a beszerzendő új blinkkomparátor, egyéb előnyei mellett 30×30 cm nagyságú lemezekre is használható lesz. Még nagyobb jelentősége van a másik mérőműszernek. A jelenlegi Rosenberg-féle mikrofotométerünk egyrészt már meglehetősen elavult típus, másrészt a sok fotometriai munkához nem elegendő. Amíg a Rosenberg-féle műszeren a csillagképek mérése állandó diafragma mellett egy ékkel történik, az új típusú mikrofotométereken a diafragma változtatásával mérünk és így sokkal nagyobb pontosságot sikerül elérni.

Az év tavaszán megindultak a kutatások egy vidéki fiók-obszervatórium helyének megválasztására. Az Országos Meteorológiai Obszervatórium rendelkezésünkre bocsátotta a hazai magaslati meteorológiai állomások adatait. Ezekből, valamint meteorológus szakemberekkel folytatott több tárgyalás és helyszíni kiszállások alapján megállapíthatjuk, hogy az obszervatórium helyéül csak a Mátra és Bükk hegység jöhet szóba. A derült esték száma ugyan ezeken a helyeken sem több, mint az Intézet jelenlegi helyén, de mindkét hegységben választhatók olyan helyek, ahol a szélerősség jelentékenyen kisebb, mint a Szabad-sághegyen. A tervezett objektívprizmás munkálatokban éppen ez a körülmény a legdöntőbb. Tekintve, hogy a Bükk környékén egyszerre két hatalmas ipartelepünk épül, míg a Mátra vidékén, legalább is egyelőre, nagyobb ipartelep nincs, az utóbbit feltétlen előnybe kell részesítenünk az előbbivel szemben. Lényeges előnye még a Mátrának a Bükkal szemben a fővároshoz való aránylagos közelsége is. Éppen ezért a részletesebb vizsgálatokat csak a Mátrára terjesztettük ki. Mivel a Mátra legmagasabb helyein, a Kékesen és a Galyatetőn már nagyobb épületek vannak, az obszervatórium helyéül a Bagolyirtás és a Galyatető közti rész jöhet szóba. A Bagolyirtáson a Meteorológiai Intézet-től és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tan-székétől kölcsönkapott meteorológiai műszerekkel, valamint egy

15 cm átmérőjű Zeiss kilátó-távcsővel májustól augusztusig végeztünk vizsgálatokat. A távcsővel rendszeresen figyeltük a légköri szcintillációt a légkör nyugodtságának megállapítására. Az erre vonatkozó tapasztalataink minden várakozásnál jobbak voltak. Szeptemberben a vizsgálatokban felváltva részt vett kutatók (Balázs, Csada, Guman) és aspiránsok (Izsák, Ozsváth) az Akadémia III. Osztályával együtt kiszállást végeztek az obszervatórium végleges helyének megállapítására. Tekintettel kellett lennünk természetesen arra is, hogy a hely közelében van-e forrás és hogy lehetőleg közel legyen az út, villany- és telefonhálózat. A választás végül is a Piskés-tető déli lejtőjének közvetlenül a 965 m magas csúcs alatti részére esett. Ez 700 méterre van a Galya—Pásztó közötti műúttól és 200 méterre a mátrai magasfeszültségű vezetéktől. A bővizű Piskés-forrás a kijelölt területen van. Az építkezések előreláthatólag 1955 tavaszán indulnak meg.

Az elektronikus csillagászati műszerek kifejlesztésére 1952 folyamán beszereztünk egy Orion gyártmányú csővoltmérőt, 2 db Orion gyártmányú stabilizátort és egy sztatikus csővizsgálót. Utóbbit a Híradástechnikai Műszerkészítő Kisipari Szövetkezet készítette. Beszereztünk továbbá 10—10 darab EF 6, illetve ECC 40 erősítőcsövet és 3 darab 931 A jelzésű R. C. A. gyártmányú multiplier-csövet.

Elkészült a napfizikai kutatásokhoz az Intézet műhelyében készülő spektrohélioszkóp befogadására szolgáló épület. Miután a múzeum berendezését az Uránia-Csillagvizsgálónak adtuk át, a 20×6 m² területű helyiséget felosztottuk három irodahelyiségre és egy optikai és elektrotechnikai műhelyre. A meridiánház oldalához új garázst és autóműhelyt építettünk.

Az Intézet mechanikai műhelye a műszerek karbantartása mellett elkészített egy 15 cm-es kamrát, a 60 cm-es reflektorhoz egy fókuszírozó-berendezést és egy új fémkazettát, átszerelte a regisztráló fotométer elektromos részét, továbbá elkészített egy hangosan beszélő berendezést és egy 12 wattos erősítőt.

Az Intézet személyzete. Tavasszal megalakult az Intézet III. osztálya, a pozícióasztrolómiai és sztellárstatistikai osztály és ennek vezetésére pályázat útján Földes István egyetemi docens kapott megbízást. A személyzet az év folyamán még egy tudományos segédmunkatárssal és egy tudományos munkaerővel bővült. Az előbbi állásra Gerlei Ottó, az utóbbira Elter Dezső nyert kinevezést. Évközben Ozsváth Istvánnak aspirantúrára való átterése következtében megürült tudományos munkatársi állást káderhiány miatt nem tudtuk betölteni, ezért kénytelenek voltunk az állást laboránsivá átszervezni. Ere Nagy Lászlót nevez-

ték ki. Az ősszel végrehajtott státuszrendezés és az 1953 január 1-i kinevezések után az Intézet személyzete így alakult:

Igazgató: Detre László.

I. Általános asztrofizikai osztály:

Osztályvezető: Detre László.

Tudományos munkatársak: Balázs Júlia, Csada Imre, Guman István.

Tudományos munkaerők: Elter Dezső és Lovas Miklós.

II. Napfizikai Osztály:

Osztályvezető: Dezső Lóránt.

Tudományos segédmunkatárs: Gerlei Ottó.

Tudományos munkaerő: Mersits József.

Intézeti laboráns: Nagy László.

III. Pozícióasztrolómiai és sztellárstatisztikai osztály:

Osztályvezető: Földes István (félállással).

Tudományos munkatárs: Herczeg Tibor.

Mechanikai műhely: Elter János műhelyvezető, Kálmán Béla és Vidéki István technikusok.

Gazdasági és adminisztrációs részleg:

Főkönyvelő: Káldor Ernőné.

Gép- és gyorsíró: Balassáné Timár Katalin.

Gépkocsivezető: Tamás János.

Betanított munkás: Iváncsik Miklós.

Takarítónő: Iváncsikné Guba Borbála.

A nyári hónapokban mindegyik osztályon 3—3 egyetemi hallgató dolgozott egy hónapon keresztül. Az Uránia csillagvizsgáló személyzetéből Sinka József többször kíségetett az I. osztályon, Magyar János (kecskeméti Uránia) pedig rendszeresen dolgozik a II. osztály számára.

Az Intézetben két aspiráns nyer kiképzést: Izsák Imre égi mechanikai és Ozsváth István sztellárdinamikai témakörrel. Aspiránsvezető: Detre László.

Az Intézet személyzetének létszáma még mindig rendkívül alacsony. Minthogy a tudományos káderhiány szűnőben van, remélni lehet, hogy a létszám a közeli években jelentősen emelkedő lesz.

Tudományos munka és eredmények: I. osztály. A 16 cm-es asztrográfon folytattuk a felvételeket a rövidperiódusú Delta

Cephei-csillagok periódusváltozásnak tanulmányozására. A felvételekből a következő táblázat ad tájékoztatót:

Csillag	Észlelő							
	Balázs	Csada	Detre	Elter	Guman	Lovas	Sinka	Össz.
XX And	—	—	—	38	—	—	—	38
SW And	—	—	—	228	—	95	45	368
AC And	—	—	—	285	615	24	—	924
CY Aqr	—	—	—	77	—	—	27	104
RV, RWAri	—	—	—	—	—	—	27	27
RW Cnc	—	—	13	78	—	—	—	91
Z CVn	—	—	—	124	—	—	—	124
ST CVn	14	—	—	76	—	—	—	90
AQ Cep	—	—	—	74	97	55	—	226
XX Cyg	—	—	—	20	—	—	—	20
DM Cyg	—	—	—	105	—	—	—	105
RW Dra	—	—	59	182	—	—	36	277
SU Dra	—	—	—	133	—	41	—	174
SW Dra	—	—	—	40	—	58	—	98
XZ Dra	—	—	18	187	—	18	28	251
RR Gem	—	—	19	55	—	13	—	87
AR Her	32	—	—	321	—	—	30	383
VZ Her	—	—	—	25	—	—	—	25
RR Leo	—	—	—	18	—	—	—	18
Y LMi	—	—	—	20	—	—	—	20
RZ Lyr	—	—	—	120	278	—	—	398
BG, BH Peg	—	—	—	89	—	—	37	126
AR Per	—	—	—	86	—	—	—	86
RU Psc	—	47	—	65	—	—	—	112
RV UMa	—	80	—	—	—	—	—	80
Összesen:	46	127	109	2446	990	304	230	4252

Ugyanezen a műszeren Elter a WW Cyg fedési kettőscsillagról és Herczeg az RY CBo hosszúperiódusú változóról még 85 felvételt készített. A felvételek száma ez évben volt az Intézet fennállása óta maximális és mintegy 30 %-kal haladta meg az eddigi rekordot, pedig az átlagos expozíciós időt emeltük, mert gyengébb csillagokat is felvettünk a programmba. A felvételek kimérése az elektromikrofométeren, valamint a mérések feldolgozása jól haladt előre.

Az RW Draconis-ról 1951-ben elkészült kéziratot kiegészítettük az 1952. évi megfigyelésekkel, így a munka kiadása egy évvel eltolódott. A 41 napos fénygörbeváltozások amplitudójának

változása mellett a legérdekesebb eredményünk az, hogy még egy szekunder periódus is mutatkozik, amely az előbbinek majdnem pontosan háromszorosa. Az 1:3 kommenzurabilitás úgy látszik, általános törvényszerűségnek bizonyul. Eddig ezt a következő csillagoknál mutattuk ki: RW Cancrī, RW Draconis, AR Herculis, AC Andromedae és RZ Lyrae. Mások észleléseiből kimutatható AI Velorumnál, RR Lyrae-nél és XZ Cygni-nél.

Balázs feldolgozta az SW Andromedae-ről kapott fotográfikus anyagunkat. Érdekes eredmény, hogy a fénygörbe felszálló ága két részből tevődik össze. A minimum után a fényesség igen gyorsan emelkedik, de a felszálló ág közepe táján az emelkedés közel negyedóráig megáll, majd a fényességemelkedés újra megindul, de a maximumig az emelkedés tempója lényegesen lassúbb, mint a megállapodás előtt volt. Detre fotoelektromos megfigyelései a 60 cm-es reflektoron ezeket az eredményeket megerősítették. Sőt más csillagok fotoelektromos észleléseiből kiderült, hogy a felszálló ágnak ez a tulajdonsága más csillagoknál is mutatkozik.

A 60 cm-es reflektorra szerelt multiplier-es berendezéssel ugyanezen téma keretében RR Lyraeről, SW Andromedae-ről, VZ Cancrīről, RU Pisciumról, DH Pegasi-ról Csada 86, Detre 1066, Guman 368 mérést végzett. A méréseknél Elter János és Lovas Miklós segédkezett.

A fotoelektromos berendezéssel megfigyeléseket végeztünk még fedési kettőscsillagokról is, és pedig Csada különböző szín-szűrőkkel 328 mérést kapott az Algolról, Herczeg 65 mérést az SX, BF és TT Aurigae-ről, Ozsváth 602 mérést a VW Cephei-ről. Lovas kimutatta, hogy Bodokiának a ZZ Persei-ről közzétett eredményei tévesek (az Intézet kiadványainak 31. száma), Guman közölte az AI Andromedae-ről és az AV Vulpeculae-ről kapott eredményeket (ugyanitt).

A M3, M5, M15, M56 és M92 gömbhalmazokról Lovas a 60 cm-es reflektoron 257 felvételt készített. A nyári hónapokban Gyüre Margit és Falvay Valéria egyetemi hallgatók a M15-ről készített felvételeknek körülbelül egyharmadát kimérték. A felvételek célja a halmazokban lévő nagyszámú Delta-Cephei-csillagok periódusváltozásának vizsgálata. Balázs folytatta a M56 feldolgozását.

Csada folytatta turbulencia-elméleti vizsgálatait. A mágneses fluktuáció spektrálfüggvényének bevezetésével kimutatta, hogy a fluktuáció középértéke forgó csillagoknál sohasem lehet zéró. A forgó ionizált gáztömböknek, vagyis a csillagoknak ezek szerint mindig kell mágneses teret mutatniuk.

A Hold által okozott csillagfedések megfigyelését rendsze-

resen folytattuk és 12 fedésről kapott eredményeket feldolgozva beküldtük a Nautical Almanac Office-nek (Guman).

II. osztály. A protuberanciákra vonatkozó statisztikai vizsgálatokhoz szükséges nagymennyiségű számolások, amelyeket Mersits végez, kellő ütemben haladnak előre. A munka folytatásaként az 1869—1921. évi protuberancia-észlelések időpontjait világidőre redukáltuk. Az 1922—34. évekre elvégeztük a Nap centrális meridiánja héliografikus hosszúságának meghatározását. A munkákat Dezső ellenőrzi és irányítja.

A napfoltcsoportok fejlődésének tanulmányozása az eddiginél lényegesen szélesebb mederben folytatódott. Saját észleléseink mellett a vizsgálatokat kiterjesztettük a régebbi Greenwich-i és Mount Wilson-i és kiegészítésképpen egyéb csillagvizsgálóktól származó észlelési adatokra is. Ezzel kapcsolatban első munkáütemként napfoltcsoportok területének és pozíciójának változásait ábrázoló diagrammok készülnek. A diagrammok rajzolásának munkálataiban elsősorban Nagy és Magyar kapcsolódott be.

Vizuális fotoszféra észlelésekre az év folyamán 228 napon volt alkalmas időjárás. A fotohéliográf vezető távcsövén összesen 272 fotoszféra észlelési rajz készült, és pedig Dezső 3, Mersits 26, Gerlei 18, Nagy 209, Bercsi és Kiss egyetemi hallgatók pedig 16 rajzot készítettek. Az észlelések alapján a foltok és fáklyák pozícióit Mersits határozta meg. Az 1951 júliusától rendszerezett vizuális fotoszféra észlelések főbb eredményeit az Időjárás c. folyóiratban Dezső folyamatosan közzétette. Ezen észlelések teljesebbé tétele céljából Dezső országos megfigyelőhálózatot kezdett szervezni. Ezek számára útmutatásul az 1953. évi Csillagászati Évkönyvben „Adatok egy magyarországi nap-észlelőhálózat beindításához” címmel közleményt írt.

Napfoltcsoportok fejlődése során a foltcsoporton belüli mozgások és területváltozások, valamint a durvább fényességingadozások eloszlásának tanulmányozására a fotohéliográfon Gerlei 400, Kiss és Bercsi 94 felvételt készített, többnyire sárga szűrőn keresztül.

Külföldről kapott anyag alapján a protuberanciák mozgásának vizsgálata jól haladt előre. Az egyes felvételeket kinagyítva átrajzoljuk és ezen rajzokból határozzuk meg a protuberancia egyes csomóinak mozgását. Gerlei 678, Mersits 447 projekciós rajzot készített.

III. osztály. A leningrádi Elméleti Csillagászati Intézettel való kooperáció keretében 11 kisbolygó közelítő pozícióit határoztuk meg a 60 cm-es reflektoron készített felvételek alapján. (Herczeg, valamint Andriská Éva egyetemi hallgató.)

Herczeg részletesen feldolgozta a Cepheus II. csillagtársulást. Eredménye szerint ez a csillagcsoportosulás egy reális O-társulás abban az értelemben, ahogy azt Ambarcumján elmélete megköveteli.

Egyéb munkák: az Országos Földméréstani Intézet felső-geodéziai osztályának csillagászati csoportja tavasszal és ősszel az Intézet passzásházának pillérén, mint országos hosszúsági központ, földrajzi hosszúságméréseket végzett. A mérések célja a különböző észlelők személyi egyenletének állandó ellenőrzése és a terepen meghatározott földrajzi hosszúságoknál annak figyelembevétele.

A belga Akadémiai csillagvizsgáló kérésére 12 kisbolygó pontos pozícióját határoztuk meg régebbi felvételeinkről (Ozsváth).

Földes és Herczeg két féléven tartottak előadásokat az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, azonkívül Földes és Csada egy-egy féléven a szegedi, illetve a debreceni egyetemen tartottak előadásokat.

Az Intézet kutatói tevékenyen részt vettek a Természettudományi Társulat népszerűsítő és felvilágosító munkájában, számos előadással és ismertető cikkekkel.

Káldorné, Elter Dezső és Lovas esti egyetemi tanfolyamokat látogat.

Kormányzatunk részéről munkánk megbecsülését láttuk abban, hogy az Intézet három tagja kapott tudományos fokozatot és pedig Detre a matematikai tudományok doktora, Dezső a fizikai tudományok kandidátusa, Földes a matematikai tudományok kandidátusa lett.

A római I. A. U. kongresszuson Detrét további három évre megválasztották a 27. változócsillag-komisszió tagjának.

Detre László

A BEMUTATÓ CSILLAGDÁK MŰKÖDÉSE AZ 1953. ÉVBEN

A bemutató csillagdák fő célja a csillagászat tudományának távcsöves bemutatások és ismeretterjesztő előadások útján való népszerűsítése. Ezen főcélkitűzés mellett a bemutató csillagdák feladata a megfigyelő szakkörök megszervezése is.

A budapesti Uránia és a vidéki Bemutató Csillagvizsgálók elmúlt évről szóló jelentései a megnövekedett feladatok elvégzéséről számolnak be. Azok a számok, melyek első pillanatra pusztán statisztikai adatoknak tűnnek, az egyszerű kimutatásnál sokkal több érdembeli kérdést takarnak. A Bemutató Csillagvizsgálók látogatottságának növekedése az érdeklődés megnövekedését jelenti. Azt jelenti, hogy folytonosan szélesedik a dolgozók érdeklődése a csillagászat tudománya iránt is.

A csillagászat joggal tart számot az iránta megnyilvánuló érdeklődésre, mint olyan tudomány, mely elsőrendűen fontos szerepet játszik a helyes világnézet kialakításában.

A bemutató csillagdák az elmúlt években is jelentős eredményeket értek el a népszerűsítő munkában, de megvolt munkájukban az a hiányosság, hogy nem jutottak el a dolgozók legszélesebb tömegeihez. Az új Társadalom és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat megalakulása teremtetten meg a népszerűsítő munka kiszélesítésének és egyben magasabb színvonalra emelésének előfeltételeit. Megmutatkozott ez abban, hogy az új Társulat által a bemutató csillagdákban rendezett csillagászati héten egy hét alatt 18 000-en hallgattak csillagászati előadásokat. Ilyen nagyarányú érdeklődésre még soha példa nem volt. Javult a hallgatóság összetétele is. Az üzemi dolgozók sokkal nagyobb számban jelentek meg az előadásokon, közöttük sokan olyanok, akik most hallottak először csillagászati előadást.

Az ismeretterjesztő munka kiszélesítését mutatják az 1953. év számszerű adatai is.

A Társulat Csillagászati Szakosztálya az elmúlt évben 2358 előadást tartott 107,238 hallgató előtt. A budapesti Urániát 20 330 érdeklődő kereste fel.

Sokat fejlődött a hallgatóság is. Az új hallgatók jelentős

része is már olvasott népszerűsítő csillagászati könyveket, füzeteket. A fejlődés megmutatkozik az előadás után feltett kérdésekben. Szemben az olyan régi kérdésekkel, hogy mik a hullócsillagok, lehet-e a csillagokból jósolni, hogyan mérik a csillagok távolságát stb., a hallgatóság ma már egyre inkább a világmindenség minőségével kapcsolatos kérdések iránt érdeklődik; hogy mit jelent a világ végtelensége, volt-e a világnak



1. A budapesti Csillagászati Hét egyik előadása a budapesti Urániával szemköztes parkban a Gellérthegy oldalában

kezdeté és lesz-e vége, mi bizonyítja, hogy van élet más égitesteken, hogyan alakulnak ki az égitestek?

A csillagászati ismeretterjesztés kiemelkedő eseménye volt az augusztus 24–30-ig országsszerte megrendezett „Csillagászati Hét”. Ennek során az Urániák látogatottsága országsszerte úgrásszerűen megnövekedett. Fő eredményeink elérésében nem kis része volt a széleskörű és alapos előkészítő-, és propaganda-munkának. Még a sajtó és a rádió is rendszeresen foglalkozott a Csillagászati Hét kérdéseivel.

Budapesten a Csillagászati Héten Detre László és Zerinváry

Szilárd előadását a nagy érdeklődésre való tekintettel meg kellett ismételni. Így a Csillagászati Héten Budapesten 9 előadás hangzott el. Ezeken 5 100 érdeklődő vett részt.



2. A Csillagászati Héten a budapesti Urániában sítörök is részt vettek a Nap délelőtti bemutatásán

Az előadások után filmvetítések és bemutatások voltak. Egy este az utolsó érdeklődők éjjel után $\frac{1}{2}$ 1 órakor távoztak el az Urániából.

A nagy érdeklődésre való tekintettel az előadásokat és filmvetítéseket szabadtéren rendeztük meg.

Több vidéki Urániánk is szép eredményeket ért el a Csillagászati Héten. Az előadásokat követő konzultációk általában egy órán át tartottak és ezek során sok értékes és érdekes kérdés merült fel. A konzultációkat mindenütt filmvetítés követte, ezután pedig derült időben bemutatókat tartottak.

Szép eredményeket ért el Debrecen is, ahol a Csillagászati Héten 3 673-an keresték fel az Urániát.

Bővültek az elmúlt évben a csillagdák felszerelései.

A budapesti Uránia Heyde-féle 20 cm-es refraktorát felújítottuk. Megkezdttük a műhely rendszeres felszerelését és fejlesztését, bemutató távcsövek építésének céljaira s ezenkívül még egy fotolaboratóriummal is felszereltük.

Elláttuk szakosztályainkat szemléltető képekkel, Hold térképekkel és szovjet csillagtérképekkel. Megkezdttük a tellurium-lunarium készülékek szétküldését is.

A pécsi Bemutató Csillagvizsgáló egy létrát készíttetett a bemutatások megkönnyítésére. A kalocsai Uránia távcsövét óragéppel szerelték fel. Elláttuk távcsővel nyíregyházi szakosztályunkat, ugyancsak bemutatás céljaira távcsövet juttattunk Gyulának, Sztálinvárosnak és Kaposvárnak.

Sztálinvárosi bemutatónk nem váltotta valóra a hozzáfűzött reményeket, mert nem szervezték meg a bemutatásokat és előadásokat.



3. A miskolci Uránia letolható tetejű helyisége

Miskolcon új bemutató csillagda épült a diósgyőrvasvári Kilián gimnázium udvarán. A csillagda két helyiségből áll. Az egyikben, melynek tetőzete eltolható, a bemutató távcső, a másikban a szakkör berendezése nyert elhelyezést. A csillagda építéséhez a Közoktatásügyi Minisztérium és a Társulat mellett a Diósgyőri Kohászati üzemek, a 28/1. és 28/3. sz. építőipari vállalatok vezetői és dolgozói nyújtottak értékes segítséget. A csillagda létesítésében igen jó munkát végzett Szabó Gyula,

a miskolci csillagászati szakosztály titkára, az építkezési munkákban lelkesen vettek részt a szakosztályi és szakköri tagok, több diósgyőri munkás és a gimnázium diákjai. A miskolci csillagda bemutató távcsövet az Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet óragéppel látta el. A csillagda felszerelése egy spektroszkóppal és egy új, házi készítésű tükrös távcsővel is gyarapodott. Az új csillagda létesítésén kívül a miskolci szakosztály más területen is kitűnt jó munkájával. Legjobban végezte a szakosztályi és



1. Szakköri foglalkozás a miskolci Urániában

szakköri foglalkozásokat. Jelentéseikben rendszeresen beszámoltak a végzett munkáról és következő havi terveikről.

Többségi huza-vona után végre megindultak a bajai Uránia építkezései. Itt nyer majd elhelyezést bajai csoportunk saját készítésű 20 cm-es tükrös-távcsöve.

Az elmúlt év folyamán öröndetesen fejlődött az Urániák szakköri munkája is. Dezső Lorántnak, az Akadémiai Csillagvizsgáló osztályvezetőjének a tavalyi évkönyvben megjelent „Adatok egy magyarországi napészlelő hálózat beindításához” c. közleménye alapján Miskolcon az észlelések megkezdődtek, Egerben és Kalocsán pedig most van folyamatban a munka beindítása. Az észlelések megindításához szükséges munkák el-

végzésében az Akadémiai Csillagvizsgáló komoly segítséget ad szakosztályunknak.

Ez az első jelentős lépés ahhoz, hogy az „amatőrcsillagász”-mozgalom helyes irányba terelődjék. A budapesti Urániában eddig is történtek olyan észlelések, melyek a tudományos kutató munkához adtak segítséget, de a legtöbb „amatőrcsillagászunk” elszigetelten, pusztán szemlélődésre használja távcsövét. Dezső Loránt osztályvezető segítségével a napmegfigyelő hálózat ki-



5. A bajai Uránia épülő 6 m átmérőjű kupolája

építésének megteremtése most olyan szervezett keretet biztosít az amatőrcsillagászok munkájának, ahol kellő szakmai irányítás mellett, kollektív munkával valóban tudományos értékű megfigyeléseket végezhetnek. Ebben a munkában is a miskolci csillagda jár az élen, ahol először kezdődtek meg a napmegfigyelések, és a fotoszféra észlelési lapokat rendszeresen beküldik a szabadsághegyi intézetnek. Ilyen irányban kell fejlődnie a többi megfigyelő csoport munkájának is.

A budapesti Urániában, melynek vezetője Kiss Imre, megalkotottuk az elmúlt évben az Uránia ionoszféra szakcsoportját is. E munka keretében a naptevékenység és az ionoszféra zavarai összefüggésének tanulmányozása folyik.

Nagytávolságú rádióadók műsorának vételében ugyanis bizonyos zavarok mutatkoznak. A vétel gyakran elhalkul, ingadozik, vagy teljesen kihagy. Ezek a zavarok onnan erednek, hogy a távoli (főként a rövidhullámú) adók műsorát szállító rádióhullámok az ionoszféráról — a Föld magas légkörének egy elektromosan vezető rétegéről — történő többszöri visszaverődés után jutnak el a vevőhöz. (Az ionoszféra ionizált — kifelé elektromos tulajdonságot mutató — gázmolekulákból áll). Az ionoszféra állapotát a Nap bizonyos jelenségei befolyásolják, és így a naptevékenység közvetve kihat távoli adóállomások műsorának vételére is. Az ionoszféra-szakcsoport a rádióvételek zavarait — a fadingeket — észleli, és ezt összehasonlítja a naptevékenységgel. Ezen keresztül folyik a két jelenség összefüggésének vizsgálata.

Bartha Lajos és Piret Endre már 1952 májusától végeztek ilyen vizsgálatokat és 1953 január 1-ig 215 megfigyelés történt. Eredményeiket az Időjárás 1952. 56. évf. 11—12. számában tették közzé, „Adatok a rádiófadingek és a Nap tevékenységének párhuzamos vizsgálatához” címmel. E téren tehát már eredményeket is sikerült elérniük.

A munkában Budapesten jelenleg Piret, Bartha, Horváth György, Kertész Tivadar és Jáger Tamás vesznek részt. A Budapesti Uránia észlelőkészülékét Jáger és Piret készítették. Ez egy megfelelően módosított Orion 444 szuper-készülék.

Vidéken Békéscsabán és Egerben indítottuk meg ezt a munkát. Ezt a két állomásunkat megfelelően átalakított Orion 325 népszuper készülékkel láttuk el.

A jövő év folyamán még 5 új vidéki szakosztályt kapcsolunk be ebbe a munkába.

Július hónapban egy széleskörű meteor-észlelő hálózat beindítása érdekében felhívást tettünk közzé az Élet és Tudományban. Szeptember 1-ig 40 jelentkező vállalta ezt a munkát és néhányan, már észlelési adatokat is eljuttattak hozzánk. Ezeket az Uránia meteor-észlelő szakcsoportja fogja feldolgozni és az eredményeket közzéteszi a Meteorban. Eddigi legeredményesebb észlelőink: Varga Ibolya: Székesfehérvár, és Varga György: Kecskemét. Mindketten rendszeresen észlelnek és anyagukat térképre gondosan berajzolva küldik el az Urániának. Gondos munkájuk nagyban megkönnyíti észleléseik feldolgozását.

Az Uránia változó-csillag észlelő szakcsoportja az elmúlt évben főleg az aktívák számának csökkenése miatt nem tudott olyan eredményes munkát végezni, mint a megelőző években. A megfigyelési program hasonló volt az előző évekéhez: RV Tauri típusú és szabálytalan változók észleléséből és azok feldolgozásából állt. Összesen mintegy 500 észlelés történt. Egy

változónak feltételezett csillagról (CI Orionis) annak konstans voltát állapították meg. A megfigyelések Bartha Lajos és Mézsáros Jenő vezetésével folynak.

A budapesti, békéscsabai és szegedi Uránia az idén is több fényképfelvételt készített. Békéscsabán Szeberényi, Szegeden pedig Kunfalvy fényképezte a Holdat kielégítő eredménnyel. Budapesten Bartha készített felvételeket a szeptember 5-i Hold-Vénusz együttállásról.

Ennek a munkának az eredményes továbbfejlesztése lehetővé teszi majd, hogy az ismeretterjesztő előadásokhoz készített diasorozatokban saját készítésű fényképeket is felhasználhassunk.

Mindezen eredmények mellett hibája volt a régi Társulat szakosztályainak, hogy országos viszonylatban nem tudta megindítani a szakköri munkát a távcsővel felszerelt szakosztályoknál sem. Vidéki szervezeteink egynéhány kivétellel nem ismerték fel a szakköri munkák fontosságát. Nem látták meg, hogy csillagdájuk milyen hasznos segítséget nyújthat, ha szakköri munkájuk során olyan eredményeket tudnak felmutatni, melyből a tudományos csillagászat is profitálhat.

Új Társulatunk perspektívái és feladatai azonban egész más feladatok elé állítják bemutató csillagdáinkat, mennyiségi és minőségi kérdések tekintetében egyaránt. Az új Társulatnak az értelmiség olyan tömegszervezetévé kell válnia, amely ki tudja elégíteni a dolgozóknak a tudományos ismeretterjesztés iránt megnyilvánuló fokozottabb igényeit és miközben az értelmiségiek átadják tudásuk javát a széles dolgozó tömegnek, maguk is tanulhatnak a mindennapi termelő munkát végző dolgozóktól. A mi bemutató csillagdáink is megfelelnek az új Társulattal szemben támasztott megnövekedett igényeknek, ha az ismeretterjesztő munka kiszélesítése és színvonalának emelése mellett megszervezik a szakköri munkák rendszeres elvégzését is.

A csillagdák ezeket csak úgy tudják ellátni, ha átérzik a feladatok jelentőségét és hatalmas erejét dolgozó népünk műveltségének emelése terén. Az új Társulat keretében lehetőség nyílik majd a munka jobb előfeltételeinek megteremtésére is.

Idővel az összes megyeszékhelyeinket 17—20 cm-es tükrös bemutató távcsövekkel fogjuk ellátni és ezeket a távcsöveket óragéppel is felszereljük. Mind a 119 járási székhelyünket hordozható bemutató távcsővel látjuk el.

Szép eredmény lesz, hogy a megyeszékhelyek távcsöveit a budapesti Uránia-műhelyében fogjuk elkészíteni. Itt végzik majd el a tükrök csiszolását, a kisebb mechanikai munkákat, és a távcsövek összeszerelését.



6. A fogyó Hold. Szegedről fértette Békésán



7. A telő Hold. Konyaly fértette Szegeden

Természetesen megye és járási székhelyeink felszerelését a központi szakosztály a végzett munka szerint fogja kiosztani. Nemes versengésre ad alkalmat a szakosztályoknak, hogy jó munkájukkal az elsőbbséget és a mihamarabbi felszerelést ki-
harcolják.

Ezek a perspektívák is azt mutatják, hogy új Társulatunk és ezen belül a bemutató csillagdák előtt is komoly jövő áll.

Sinka József

CSILLAGÁSZAT ÉS DIALEKTIKA

(Bevezetés)

A csillagászat, ez a legősibb természettudomány, születése óta színtere volt a tudományos materialista és a tudományellenes idealista nézetek harcának.

A materialista természetszemlélet, — mely Engels szerint „egyszerűen azt jelenti, hogy a természetet olyannak vesszük, mint amilyen, anélkül, hogy valamit is hozzáadnánk, ami a természettől idegen”^{*} a természettudományok eredményeire támaszkodott. A haladó társadalmi osztályok világnézete volt, amelyeknek érdekükben állt a tudományok fejlesztése. Az idealista szemlélet ezzel szemben rendszerint a társadalom haladásának útjában álló, reakciós osztályok ideológiáját fejezte ki.

Mint minden természettudománynak, a csillagászatnak is az a feladata, hogy a társadalmat ellássa a természetről szerzett olyan ismeretekkel, amelyekre a társadalomnak szüksége van a termelőerők fejlesztése érdekében.

A csillagászok által feltárt természeti törvények, valamint a megfigyelésekre támaszkodó és a gyakorlat által igazolt tudományos elméletek a világmindenségben az emberek akaratától függetlenül végbemenő objektív folyamatokat tükrözik.

A csillagászat tudománya által megismert objektív igazságok — például a csillagászati úton történő földrajzi helymeghatározásnak, vagy naptárkészítésnek elvi alapjai — természetesen függetlenek az emberektől és osztályérdekeiktől. Ezeket az ismereteket a társadalom fejlődésének valamennyi szakaszán, minden társadalmi-gazdasági alakulat felhasználhatja és fel is használja.

De az objektív igazságok, melyek tartalmukat tekintve függetlenek a tudósok osztálynézeteitől, csak egyik oldalát alkotják a tudománynak. A tudósok nemcsak feltárják a természet törvényeit, hanem azokat magyarázzák, értelmezik, ez a természettudomány másik: filozófiai, ideológiai oldala. A tudomány-

^{*} Engels: A természet dialektikája, Szikra 1952. 209–210. old.

nak ez a másik oldala már teljes egészében függ a tudósok osztályhelyzetétől. A tudósok osztályhelyzetétől és világnézetétől függően ugyanazok a tudományos tények különféle értelmezést kaphatnak. A kizsákmányoló társadalomban uralkodó idealista világnézetet kiszolgáló tudósok pl. a felfedezett jelenségeknek idealista magyarázatot adnak, meghamisítják és kiforgatják a tudományok eredményeit. A tudomány fejlődésének története során ezért minden természettudományban folyt és folyik a harc jelenleg is a materialista tudomány és az idealista ferdítések között.

A csillagászat tudománya sem merül ki különböző tapasztalati adatok és elméleti megfontolások összességében, hanem feleletet kell adnia olyan kérdésekre is, hogy a világmindenség keletkezett-e és lesz-e vége, véges-e vagy végtelen a világ, milyen a szerkezete, milyen erők hatnak benne. A csillagászat tehát a legközvetlenebbül érinti a filozófia legalapvetőbb kérdéseit. A csillagászat területén éppen ezért különös hevességgel folyt a küzdelem a materializmus és idealizmus között.

A csillagászat tudományának két oldala: az objektív tényekkel és természeti törvényekkel foglalkozó része, valamint ezek értelmezése és magyarázata nem függetlenek egymástól. A csillagászat fejlődésének ütemét nagy mértékben befolyásolja a magyarázat módja, ahogy a tudományos ismereteket értelmezik. A csillagászat csak akkor fejlődhetik, ha az objektív természeti törvények feltárását összekapcsolják e törvények valóban tudományos materialista értelmezésével. Csakis ez adhat olyan szempontokat a további kutatásban, melyek újabb természeti törvények felfedezésének válnak forrásává. A materializmus tehát nemcsak a tudományellenes idealista nézetek megsemmisítésének fegyvere, hanem a tudomány fejlesztésének is hajtóereje.

A helyes materialista világnézet, melyre a csillagászat és a többi tudományok fejlődése támaszkodhatik, azonban nem egyszersmindenkorra adott valami, hanem az évezredek társadalmi fejlődése során az idealista filozófiával szemben folytatott hosszú harc termékeként alakult ki. A materializmus úgyszólván együtt született a tudományos gondolkodással. Az ókori kelet országaiban, Babilóniában, Egyiptomban, Indiában és Kínában bontogatta szárnyait, majd az antik Görögországban irányította a tudomány első lépéseit. Mint lappangó tűz élesztgette a társadalom haladó erőt a középkor sötét évszázadai alatt és újra fellángolt a feudális társadalom felbomlásával és az új tőkés-termelési mód kialakulásával.

Mindazonáltal ennek a régebbi materializmusnak megvoltak a maga korlátai. A társadalom fejlődése során a Nagy Októberi

Szocialista Forradalom győzelméig az osztályharc egyes szakaszai mindig azzal végződtek, hogy a hatalom az egyik kizsákmányoló osztály kezébe átkerült a másik kizsákmányoló osztályba. A kizsákmányoló osztályok ideológusai pedig mindig arra törekedtek, hogy örökéletűvé tegyék és igazolják a kizsákmányolást. Így a tőkés társadalom ideológusai sem tárhatták fel a természeti és társadalmi fejlődés valódi törvényszerűségeit, mert ez elkerülhetetlenül arra a felismerésre vezetett volna, hogy a tőkés társadalmat is törvényszerűen fel kell váltania egy fejlettebb társadalmi alakulatnak. A 18. század materializmusának ebből eredően megvoltak ezért a maga hibái. Ez a régi materializmus egyrészt túlnyomóan mechanikus, másrészt metafizikus volt.

Mechanikus volt annyiban, hogy tisztán mechanikai okokkal a testek, vagy a testeket felépítő molekulák, atomok mechanikai helyváltoztatásával magyarázta az élettelen és élő természet minden jelenségét. Abban az időben valamennyi természettudomány közül ugyanis a mechanika érte el a legnagyobb fejlődést, ennek alapján próbáltak tehát minden jelenséget megmagyarázni. A csillagászatban is az égi mechanika, az égitestek helyváltoztatásának törvényszerűségeit kutató tudomány érte el először legteljesebb kibontakozását.

Ezen túlmenőleg a régebbi materializmus másik hibája, nevezetesen metafizikus volta azt jelentette, hogy a természet, a világmindenség jelenségeit elszigetelten, általános nagy összefüggéseiből kiszakítva, nem mozgásukban, hanem nyugalmi állapotukban vizsgálta és éppen ezért képtelen volt a világot mint a szüntelen fejlődés folyamatát felfogni.

Igaz ugyan, hogy az ókori görög materialistáknak sejtelmük volt a természet örök mozgásáról. Azonban ők még nem ismerték részleteiben a természetet, hanem csak az összképet látták és ez ébresztette fel bennük azt a sejtést, hogy minden összefügg egymással, folytonosan változik, keletkezik és elmúlik. Ebben a felfogásban benne volt a metafizikával ellentétes, helyes dialektikus szemlélet magva, de az ókorban még nem növekedhetett terebélyes fává, mert a görögök ismereteik hiányában nem tudták ezeket az összefüggéseket konkrétan, tényekkel igazolni. A természettudományok fejlődésének előbb arra az útra kellett kanyarodni, hogy részekre bontsa a természetet, majd az egyes szaktudományok területein az általános összefüggésükből kiszakítva beható vizsgálat tárgyává tegye magukat az egyes természeti jelenségeket és folyamatokat. A természettudományoknak a középkori pangás után megindult rohamos fejlődése rengeteg anvagot gyűjtött össze, de az ezen a munkaterületen jogos és szükséges metafizikai szemléleti mód elzárta

maga előtt az egésznek megértéséhez, az általános összefüggésekhez vezető utat.

Éppen ezért a mechanikus és metafizikus materializmus sok lényeges kérdésre nem tudott magyarázatot adni. A csillagászat területén is homályban maradt például, hogy mi az indítóoka az égitestek megfigyelhető mozgásának, vagy hogy honnan erednek maguk az égitestek.

A fejlődésnek és a fejlődés törvényeinek nem ismerése a 19. század elején már hatalmas gátként tornyosult a természettudományok további előrehaladása elé. De ezt a gátat nem tudták eltávolítani a burzsoázia ideológusai. Hegel, akiben csúcspontját érte el az idealista filozófia, megsejtette a helyes dialektikus módszert, de eltorzította és helytelenül alkalmazta.

Hegel tagadta a természetnek az időben végbemenő fejlődését, szerinte az „Abszolút Eszme”, a szellemi lényeg fejlődik, és a természet csak ennek a megnyilvánulása. Hegel idealista dialektikáját a természettudományok semmire sem tudták felhasználni.

Csak annak az osztálynak ideológusai, amelynek történelmi hivatása az ember ember által való kizsákmányolásának megszüntetése és az osztálynélküli társadalom megteremtése, tudták kiküszöbölni minden előző materializmus korlátozottságát. Marx és Engels, a proletariátus vezetői a természettudományok nagy felfedezéseinek és a munkásosztály harci tapasztalatainak általánosításával megalkották és minden eddigi filozófiával szembeállították a materializmus minőségileg új formáját: a dialektikus materializmust.

Egyedül a dialektikus materializmus, a munkásosztály pártjának világnézete az a filozófia, amelynek alapján helyesen értelmezhetjük a természet és társadalom jelenségeit, megismerhetjük fejlődésüknek módját és forrásait. Ez a filozófia teszi képessé a munkásosztályt nemcsak a világ megismerésére, hanem annak forradalmi megváltoztatására is.

A nagy világmindenség jelenségeit is csak a dialektikus materializmus alapján magyarázhatjuk helyesen, csak a dialektikus módszer alkalmas a csillagászat által feltárt tények egységes összefoglalására és csak ennek a módszernek az alkalmazásával lehet a csillagászatban újabb kimagasló eredményeket elérni. A dialektikus materializmus a materialista elmélet és a dialektikus módszer egységének megtestesülése. A természettudományok szempontjából a dialektikus módszer különösen fejbecsülhetetlen jelentőségű, mert míg a korábbi materializmus, ha meg is látta a természettudományok területén, hogy a világ természetére nézve anyagi, hogy az anyag elsődleges és a tudat másodlagos és nem tagadta a világ megismerhetőségét sem,

de éppen a dialektika nem ismerése miatt nem tudta szigorúan tudományosan értelmezni a megfigyelhető jelenségeket.

A dialektikus materializmust Marx és Engels után Lenin és Sztálin fejlesztették tovább. A dialektika fő alapvonásait Marx, Engels és Lenin tanítása nyomán Sztálin foglalta össze. A sztálini meghatározás a marxista dialektikát négy alapvető vonással jellemzi, amelyek visszatükrözik:

1. A természet és társadalom tárgyainak és jelenségeinek egyetemes összefüggését, kölcsönös függőségét és feltételezettségét.
2. A tárgyak és jelenségek szakadatlan mozgását és változását és fejlődését.
3. A tárgyak és jelenségek fokozatos mennyiségi változásainak gyökeres, minőségi változásokba való átmenetelét.
4. A világ valamennyi tárgyának és jelenségének sajátosságát: az ellentétek harcát, mint a fejlődés forrását.

A marxista dialektika ezen alapvető vonásai fejezik ki a természetnek, a társadalomnak legáltalánosabb mozgástörvényeit.

A következőkben azt kívánjuk megvizsgálni, hogy mint tükrözi a marxista dialektika a világmindenség fejlődéstörvényeit, hogyan támasztja alá a csillagászatnak is minden eredménye a dialektika négy alapvető vonásának helyességét. Ennek a vizsgálatnak fontossága egyrészt abban rejlik, hogy a csillagászat területe igen alkalmas annak megmutatására, hogy a munkáosztyály pártja a maga világnézetét nem egyes emberek elképzelésére vagy óhajára, hanem olyan objektív tudományos elvekre építi, amelyek az emberek akaratától függetlenül az egész nagy világmindenségben érvényesülnek. Ez megerősíti a párt legyőzhetetlenségébe és a társadalom fejlődésébe vetett hitünket. Másrészt a társadalmi haladás útjában álló osztályok ideológusai ma is megkísérlik, hogy helytelen magyarázatát adják a csillagászat által feltárt tényeknek. A csillagászat területén jelentkező idealista próbálkozások megcáfolása csakis a dialektika segítségével lehetséges. Mint a következőkben látni fogjuk, a haladó tudomány leleplezi az idealisták minden mesterkedését és a csillagászat eredményei meggyőzően bizonyítják, hogy a világban minden dialektikusan történik.

A dialektika nagy jelentősége a csillagászat szempontjából azonban nem merül ki abban, hogy hatásos fegyver az idealizmus ellen. A dialektikus módszer tudatos alkalmazása minden tudományban s így a csillagászatban is minőségileg új feladatok megoldására vértelzi fel a kutatókat. Korszerű tudományos

kozmozgóniát például csak a dialektikus módszert alkalmazó szovjet tudomány tudott alkotni.

A dialektikus folyamatnak a dialektika négy fővonása egy-egy jellemző vonását ragadja meg, valójában azonban ezek a vonások egymással szorosan összefüggenek, egymást áthatják és egymásból következnek. Kizárólag a szemléletesség és könnyebb áttekinthetőség miatt szokták a dialektika négy alapvető vonását külön tárgyalni.

1. A jelenségek egyetemes összefüggése a világmindenségben

A marxista dialektikának a jelenségek egyetemes összefüggéséről és kölcsönös függőségéről szóló tanítása a világmindenség egyik igen lényeges és fontos oldalát tükrözi. Ezen az összefüggésen alapul az a tény, hogy a világmindenség nem a jelenségek káosza, a világmindenségben nem a véletlen, hanem szigorú törvényszerűség uralkodik.

A dialektikának a jelenségek egyetemes összefüggéséről és kölcsönös függőségéről szóló tanítását Sztálin elvtárs „A dialektikus és történelmi materializmusról” c. művében Engelsnek és Leninnek a dialektikára vonatkozó fejtegetései alapján a következőkben foglalta össze:

„A dialektika, ellentétben a metafizikával a természetet nem egymástól elszakított, egymástól elszigetelt és egymástól nem függő tárgyak, jelenségek véletlen halmazának tekinti, hanem összefüggő, egységes egésznek, amelyben az egyes tárgyak, jelenségek szerves kapcsolatban vannak egymással, függnek egymástól és feltételezik egymást.

Ezért a dialektikus módszer azt tartja, hogy egyetlen természeti jelenség sem érthető meg, ha a többitől elszigetelten vesszük, kikapcsolva a környező jelenségekből, mert a természet bármely területén, bármely jelenség értelmetlenné-válhat, ha a környező viszonyokból kikapcsolva, azoktól elszakítva vizsgáljuk; és fordítva: bármely jelenség megérthető és megmagyarázható, ha a környező jelenségekkel való elválaszthatatlan összefüggésben az öt környező jelenségektől való feltételezettségében vizsgáljuk.”*

A csillagászat eredményei meggyőzően bizonyítják, hogy a marxista dialektikának ez a tanítása valóban a természetnek olyan legáltalánosabb jellegzetességét ragadja meg, amely az egész nagy világmindenségben érvényesül. A modern csillagászat eredményei sokoldalúan kimutatták a világmindenség egy-

* Sztálin: A Szovjetunió Kommunista (bolsevik) Pártjának története. Szikra 1953. 130. old.

ségét, a világmindenség égitestének és azok rendszereinek összefüggését és kölcsönhatását. De a dialektikát igazolta magának a csillagászatnak a fejlődése is, mert a csillagászat voltaképpen csak akkor vált igazi tudománnyá, akkor indulhatott el a világmindenség szerkezetének és fejlődésének megmagyarázása felé vezető úton, amikor szakított a világot szétدارoló metafizikus nézetekkel és az égitesteket a többi égitesttel való elválaszthatatlan összefüggésükben és környezetüktől való feltételezettségükben kezdte vizsgálni.

A csillagászat fejlődését gátló metafizikus középkori skolasztika kettédarabolta a világot a Földre és az égre és a világnak e két feltételezett része között tagadott mindenféle kölcsönhatást. Úgy hirdették, hogy az égitesteket valamilyen felsőbbrendű égi anyag az „éter” alkotja, amelyre nem vonatkoznak a természet törvényei. Ez a szemlélet a Földet kiszakította az égitestek rendszeréből és megtette a világ mozdulatlan középpontjának.

Tudjuk azonban, hogy ezen az alapon hiába próbálták például a bolygók mozgását különféle körmozgások bonyolult rendszerével leírni, nem tudták elérni azt a pontosságot, amit a gyakorlati élet, a hajózás részére szükséges táblázatok összeállítása megkövetelt.

A csillagászat akkor tudta megmagyarázni a bolygók mozgását és akkor indult további rohamos fejlődésnek, amikor Kopernikusz forradalmi elmélete megszüntette a Föld elszigeteltségének tévtanát és a Földet belehelyezte a Nap körül keringő bolygók rendszerébe.

Már ez a felismerés is megdöntötte az égre és Földre kettészakadt világ legendáját, a csillagászat további eredményei azonban még általánosabban igazolták a világmindenség egységét. A szinképelemzés kimutatta, hogy a távoli csillagokban nincsen más, mint a Földön megismert anyag. A világ anyagi egysége révén a világmindenség minden jelensége összefügg egymással és az egyes jelenségeket csak úgy lehet megérteni, ha nem szakítjuk ki más jelenségekkel az egész világmindenséggel való összefüggésükből.

A végtelen világmindenség tejútrendszerei — bár óriási távolságra vannak egymástól — mégsem elszigetelt csillagrendszerek, mert egymást kölcsönösen vonzzák és mozgásukat éppen ez a kölcsönös vonzás határozza meg. Ugyanakkor a többi tejútrendszer vonzása hatással van az egyes tejútrendszereket alkotó égitestek mozgására is. Így a mi Tejútrendszerünk vizsgálatánál, a Tejútrendszerünket alkotó sokmilliárd csillag és azok különféle alrendszerei bonyolult mozgásvizonyainak ta-

nulmányozásánál figyelembe kell vennünk a többi külső tejútrendszer vonzását is.

A tejútrendszeren belül, mint a mi Tejútrendszerünk esetében is, a rendszert alkotó égitestek állanak egymással összefüggésben és kölcsönhatásban. A csillagok mozgása ennek a kölcsönhatásnak az eredménye. A Tejútrendszert alkotó csillagok kölcsönös vonzásának hatására az egész rendszer forog a Tejútrendszer középpontja körül. Összefüggés van emellett a csillagok és a csillagok közötti térben található szétszórt anyag között is. Mint később látni fogjuk, a csillagok szétszórják anyagukat, a szétszórt anyagból viszont csillagok keletkeznek. A Tejútrendszer kisebb rendszereinél szintén az a helyzet, hogy a rendszer tagjai egyrészt egymással, másrészt az egész Tejútrendszerrel állanak kölcsönhatásban. A mi Naprendszerünk tagjai például kölcsönös vonzásukkal tartják össze a Naprendszert, ugyanakkor a rendszer központi égitestén a Napon keresztül részt vesznek a Tejútrendszer forgásában.

Ha a bennünket legközelebből érdeklő égitestre, a Földre vonatkozólag nyomozzuk az összefüggések láncolatát, akkor nyilvánvalóvá válik a Földnek az egész világmindenséggel való kapcsolata.

A Föld először is szoros összefüggésben van kísérijével, a Holddal. A két égitest csillagászati értelemben vett közelsége és tömegüknek nem túlságosan nagy különbsége indokoltta teszi, hogy a Föld-Hold rendszert „ikerbolygónak” is nevezzük. A Föld és Hold kölcsönhatásának eredménye a földi óceánoknál tapasztalható tengerjárás tűneménye és a dagálysúrlódás következtében a Föld rotációjának lelassulása. Ez utóbbi jelenség viszont visszahat a Holdra és növeli a Holdnak a Földtől való távolságát.

A Föld-Hold rendszer azonban tagja egy nagyobb rendszernek, a Naprendszernek. A Hold pályáját a Nap és a bolygók is befolyásolják. A Föld a Naprendszerrel való összefüggésében keringő mozgást végez a Nap körül és a Naprendszer égitesteivel áll kölcsönhatásban. A Föld mozgását nemcsak a Föld és a Nap kölcsönös vonzása szabja meg, hanem a többi bolygó vonzása is befolyásolja. A perturbációk következtében a Föld pályaelemeiben történő változások miatt változik a Földnek a Naphoz viszonyított helyzete, ami éghajlatingadozásokat von maga után. A Milánkovits-féle elmélet szerint ez alapon lehet megmagyarázni a jégkorszakokat is: más égitesteknek a Földre gyakorolt vonzása változtatta meg időnként annyira a Földnek a Naphoz viszonyított helyzetét, hogy a mainál kevesebb sugárzás érte a Föld egyes helyeit. Mozgása közben a Földet szüntelenül éri a Nap hő- és fénysugárzása, mely minden energia forrása,

továbbá a Nap ultraibolya és korpuszkuláris sugárzása, mely hatással van számos geofizikai jelenségre. A naptevékenységgel párhuzamosan változik a sarki fény erőssége, a földmágnesesség és a magaslégkör elektromos légrétegének állapota. A Nap sugárnyomása ezenkívül gázmolekulákat hajt ki a Föld légköréből és a Föld mintegy 100 m³ levegőt veszít másodpercenként, amely a Föld belsejéből kiszivárgó gázokból pótlódik. A Földre ugyanakkor a bolygók közötti térből szakadatlanul hullanak a meteorok és növelik a Föld tömegét.

Mindemellett a Föld nemcsak a Naprendszernek, hanem a Nappal együtt a Tejútrendszernek is tagja. A Napot követve a Föld részt vesz a Napnak a Tejútrendszer középpontja körül végzett keringésében. A Tejútrendszerben szüntelenül érik a Földet a csillagok és más égitestek különféle frekvenciájú elektromágneses sugárzásai és a kozmikus sugárzás. De maga a Tejútrendszer is mozog a világmindenségben és viszi magával természetesen a belsejében mozgó Földet is.

Ilyen összefüggések és hatások a világmindenség valamenynyí égitestére vonatkozólag fennállanak. Közvetve, vagy közvetlenül a világmindenség minden jelensége összefügg egymással.

A világmindenség jelenségei kölcsönös összefüggésének leg-egyszerűbb formája a jelenségek oksági függősége. Egyik jelenség akkor oka a másiknak, ha az egyik jelenség alapja a másik létrejöttének. Pl. a bolygók napköri keringése azon az alapon jön létre, hogy a Nap és a bolygók kölcsönösen vonzzák egymást. A bolygók keringésének oka tehát a tömegvonzás.

Az idealisták végeredményben tagadják a jelenségek oksági összefüggését és azt hirdetik, hogy mind a természetben, mind a társadalomban minden valami „magasabbrendű” célnak van alárendelve. Az isteni célszerűségnek ez a teleológiának nevezett tana azt akarja kifejezni, hogy a világot egy felsőbbrendű lény egy előre meghatározott cél felé kormányozza. Eszerint pl. a Föld azért jött létre, hogy az ember élhessen rajta, a Nap és Hold viszont azért, hogy világítsanak az embereknek.

Az oksági összefüggések tagadásán vagy fel nem ismerésén alapult az „égi jelekbe” vetett babonás hit, amely fogyatkozások, üstökösök, tűzgömbök, s más ritkábban megfigyelhető égi tüne-mények alkalmával sokszor rémületbe ejtette a jelenségek okát nem ismerő embereket.

A csillagászat megcáfolta mindezeket a babonás elképzeléseket és kimutatta, hogy a világmindenségben mindennek, mind a rendszeresen, mind a ritkábban megfigyelhető jelenségeknek megvan a maga oka. Hogy csak egy egyszerű és közismert példát említsünk, a napfogyatkozás oka, hogy a Hold eltakarja elő-

lünk a Napot. A csillagászat lépésről-lépésre egyre jobban tárja fel a világmindenség jelenségei közötti oksági összefüggéseket.

Metafizikus elképzelés azonban az, hogy valamely jelenség vagy csak ok, vagy csak okozat lehet. A dialektika tanítása szerint, ami az egyik összefüggésben ok, a másik összefüggésben mint okozat jelentkezik és megfordítva. Az ok és okozat helyet-cserélnek, átmennek egymásba.

A Föld óceánjainál tapasztalható tengerjárás jelenségét pl. a Hold vonzása okozza. Ebben az összefüggésben a Hold az ok és a tengerjárás az okozat. A tengerjárás azonban a dagályszűrődés következtében fékezőleg hat a Föld rotációjára, ami maga után vonja, hogy a Hold pályájának sugara nagyobb lesz. Ebben az összefüggésben tehát a tengerjárás mint ok, a Hold viszont mint okozat jelentkezik.

Ebből az egyszerű példából is látható, hogy valójában a Föld-Hold kölcsönhatásáról van szó, amelyben a jelenségek hol mint okok, hol mint okozatok jelentkeznek. A valóságban az okok és okozatok láncolata még bonyolultabb, mert a Föld-Hold rendszer összefügg a Naprendszerrel, ezen keresztül a Tejútrendszerrel, az egész világmindenséggel. Amikor egyik vagy másik jelenségnek közvetlen okát vizsgáljuk, akkor leegyszerűsítjük a valóságos összefüggéseket, mert valójában a jelenségek egyetemes összefüggése és kölcsönös függősége áll fenn, amelyben az okok és okozatok folytonosan cserélik helyüket. Éppen ezért értelmetlen valamilyen „végső okát” keresni a jelenségeknek.

Az okok és okozatok láncolódása, a jelenségek egyetemes összefüggése megszabja a világmindenségben az események szükségszerűséggel folyó menetét: a világmindenségben törvényszerűség uralkodik. A jelenségek belső, lényegi, szükségszerű összefüggéseit kifejező természeti törvények az emberek akaratától függetlenül létező objektív törvények. A csillagászat feladata éppen a világmindenség objektív törvényszerűségeinek megismerése.

A világ anyagi egysége alapján az anyag mozgástörvényei ugyanazok a világmindenség bármely táján, mint a Földön. A mechanikai mozgás területén például bolygók, üstökösök, kettős csillagok, csillagrendszerek mozgása ugyanazon egyszerű és jól megismerhető természeti törvény alapján megy végbe, ami a feldobott kő esését szabályozza a Föld felé.

Ha a világmindenségben törvényszerűség uralkodik, felmerül a kérdés, hogy lehetnek-e a világmindenségben „véletlenek”. A marxista dialektika értelmezésében nem azt hívjuk véletlennek, aminek „nincs oka”, mert ilyen jelenség természetesen nincsen. Véletlennek azt nevezzük, ami nem következik

szükségszerűen az adott folyamatból. Ilyenek lehetnek és vannak is a világmindenségben. Szükségszerűség és véletlen azonban nem egymást kizáró fogalmak. Ami az egyik összefüggésben szükségszerű, a másik összefüggésben véletlen és fordítva.

A szibériai nagy Tunguz meteorit hullása például szükségszerű volt az égi mechanika szempontjából, viszont véletlen jelenség volt a Föld szempontjából. A Földnek a Naprendszerben végzett mozgásából ugyanis nem következik az óriásmeteorokkal való összeütközés szükségszerűsége, óriásmeteorok hullása a Földre rendkívül ritka természeti jelenség.

Véletlen jelenségek, ha nagy számban fordulnak elő, szükségszerű törvényszerűséggént jelentkeznek. A Smidt elmélet szerint pl. a csillagoknak meteorfelhővel való találkozása idézi elő bolygók kialakulását. Ezek szerint merő véletlen, hogy a Tejútrendszer egyik vagy másik csillaga átesett-e már ilyen találkozáson. Tekintettel azonban a csillagok és a meteorfelhők nagy számára, a csillagoknak meteorfelhőn való áthaladása gyakori jelenség, tehát bolygók kialakulása törvényszerű folyamat a Tejútrendszerben.

Az oksági összefüggéseket tagadó idealista filozófia el akarja hitetni, hogy a világban nincsen törvényszerűség, csak az ember magyarázza bele, viszi bele a világba. Az okság elismerése a természetben ugyanis elvezetne a társadalom törvényszerű fejlődésének felismeréséig. A burzsoá ideológusok osztályérdekeinek viszont az felel meg, hogy a társadalomban nincs törvényszerűség s így a kapitalizmus pusztulása sem törvényszerű. Hogy azonban a világban szigorú törvényszerűség uralkodik, azt talán mindennél meggyőzőbben bizonyítja, hogy a csillagászok a megismert törvények alapján előre ki tudják számítani az égitestek helyzetét, előre tudják jelezni a fogyatkozások bekövetkezését, az üstökösök visszatérését. De meggyőzően bizonyítja a gyakorlat is, mert a csillagászat által feltárt törvényeket alkalmazzuk és használjuk. Hiszen, mint a bevezetésben említettük, éppen ez a célja a csillagászati kutatásoknak és a gyakorlat igazolja, hogy a csillagászat betölti ezt a szerepét.

A dialektika első vonása az egyetemes összefüggésen és kölcsönös függőségén kívül visszatükrözi a tárgyak és jelenségek kölcsönös feltételezettségét is. Ez annyit jelent, hogy ha adva vannak bizonyos meghatározott feltételek, akkor ezek következményeképpen törvényszerűen létre jönnek bizonyos jelenségek.

Ha pl. valamely égitesten létrejönnek az élet kialakulásához szükséges feltételek, ott törvényszerűen kialakul az élet. A jelenségek megértésének kulcsa nem utolsósorban éppen az, hogy tisztázzuk létrehozásuk feltételeit. Amíg például a biológia nem tisztázta, hogy az élettelen anyag élő anyaggá fejlődésének fel-

tételei sem túl alacsony, sem túl magas hőmérséklet mellett a légkör és víz jelenléte, addig helytelenül vetették fel a más égitesteken való élet problémáját. A csillagokon való élet lehetőségéről beszéltek és Arrhenius úgy képzelte, hogy az „életcsírák” a fénysugár szárnyán szállnak egyik égitestről a másikra.

Az élet kialakulása feltételeinek megismerése után ma már biztosan tudjuk, hogy a csillagok izzó gázgömbjein nincsen élet. De ugyanilyen biztosan tudjuk, hogy a hő- és fényenergiát sugárzó csillagoktól bizonyos közepes távolságra lévő bolygókon, ahol légkör és víz is van, az életnek törvényszerűen ki kell alakulnia. Véletlen az, hogy melyik csillagnak melyik bolygójánál teljesülnek ezek a feltételek. Tekintettel azonban a csillagok óriási számára, a véletlen szükségszerűségbe csap át: az élet a világmindenségben általános, szükségszerű jelenség.

A jelenségeket létrehozó feltételek vizsgálatának nagy szerepe van a kozmogónia tudományában is. A kozmogónia tudománya tulajdonképpen azt vizsgálja, milyen feltételek mellett jönnek létre az égitestek különféle típusai. A Naprendszer kialakulásának megmagyarázása egyben annak felismerése is, hogy a világmindenség más részein hasonló feltételek mellett törvényszerűen bolygórendszernek kell kialakulniuk. Az egyes bolygórendszereken belül a különféle bolygótípusok azáltal keletkezhetnek, hogy egy egységes fejlődési folyamat különböző feltételek mellett játszódik le. A mi Naprendszerünk esetében például a Naphoz közelebbi térségben tömörebb, sűrűbb, földtípusú bolygók, míg a Naptól távolabb a nagyobb tömegű, könnyű elemekből álló óriásbolygók kialakulásának voltak meg a feltételei.

A dialektikának a tárgyak és jelenségek egyetemes összefüggéséről, kölcsönös függőségéről és feltételezettségéről szóló tanítása alapvető módszere a modern csillagászatnak. De nem kisebb jelentőségű a tudományos kutatás szempontjából a dialektika többi vonása sem.

2. A mozgás és fejlődés a világmindenségben

A dialektika másik vonása, amely a mozgásról és fejlődésről szól, szoros összefüggésben van az első vonással. A jelenségek akkor hatnak egymásra, ha összefüggésben állanak és éppen ez a hatás a mozgás, a változás.

Sztálin elvtárs szerint: „A dialektika, ellentétben a metafizikával, a természetet nem a nyugalom és mozdulatlanság, nem a tespedés és változatlanság állapotának tekinti, hanem a szakadatlan mozgás és változás, a szakadatlan megújulás és

fejlődés állapotának, ahol valami mindig keletkezőben és fejlődőben, valami mindig pusztulóban és elhalóban van.

Ezért a dialektikus módszer megköveteli, hogy a jelenségeket ne csak kölcsönös összefüggésük és feltételezettségük szempontjából, hanem mozgásuk, változásuk, fejlődésük szempontjából, keletkezésük és elhalásuk szempontjából is vizsgáljuk.”

A legegyszerűbb mozgásformát, a mechanikai mozgást általában a metafizika sem tagadja, hiszen az ellentmondana a legtriviálisabb mindennapi tapasztalatnak. Valamennyi égitest térbeli helyzetváltoztatását azonban csak az újabbkori csillagászat tudta kimutatni.

Régen, amikor valóságnak gondolták az égbolt látszólagos körforgását, mozdulatlanok vélték a Földet. Kopernikusz elmélete lerombolta a Föld mozdulatlanságába vetett hitet, ekkor viszont a csillagokat képzeltek mozdulatlanoknak, ami az „álló-csillag” elnevezésben is megnyilvánult.

Csak kb. 250 évvel ezelőtt fedezte fel Halley a Szíriusz elmozdulását az égen és ennek nyomán jöttek rá, hogy minden csillag a valóságban is mozog.

Az égitestek mechanikai mozgásának vizsgálata fejlesztette ki a klasszikus csillagászatnak egyik ágát, az égi mechanikát, amely Newton vonzástörvényei alapján a Naprendszer mozgásának csaknem valamennyi problémáját megoldotta és alkalmas eszköznek bizonyult a távoli csillagok, csillagrendszerek mozgásának megismeréséhez is.

Az „állócsillagok” mozgásának felfedezése alátámasztja a dialektikus materializmusnak azt a tanítását, hogy nincsen anyag mozgás nélkül. Az a tapasztalat azonban, hogy minden égitest helyét változtatja, még korántsem meríti ki az égitestek mozgásának dialektikus szemléletét.

A mozgás metafizikus felfogása voltaképpen nem a helyváltoztatás tagadásában, hanem először is abban rejlik, hogy elszakítja a mozgást az anyagtól, az anyagot holt tömegnek tekint, amelyet csak valamilyen tőle független külső erő hozhat mozgásba. Ez a szemlélet az égitestek mozgásának okát végső fokon természetfeletti erőben látja. Így gondolta még Newton is, aki ugyan felismerte, hogy a bolygók mozgása a Naprendszerben a természet törvényei alapján megy végbe, de azt hitte, hogy a Naprendszer mozgásának elindításához valamilyen „első isteni lökésre” volt szükség.

A metafizika emellett a mozgást leszűkíti a pusztá helyváltoztatásra és nem ismeri fel a mozgás magasabb formáit, a

* A Szovjetunió Kommunista (bolsevik) Pártjának története Szikra 1953. 130. old.

változást, fejlődést, az egymásba való átmenetet, a régi megsemmisülését és az új keletkezését. A metafizika az égitestek mozgásából nem látott meg mást, mint a kész és változatlan égitestek mechanikai mozgását. Eszerint az égitest csak helyét változtatja, nem keletkeznek benne belső változások, ugyanaz a Nap, Hold, bolygó vagy csillag marad.

Engels így fejezte ki ezt a gondolatot „A természet dialektikájában”:

„Eszertint akárhogyan jött is létre a természet maga, ha már adva van, megmarad olyannak, amilyen, amíg csak van. A bolygók és mellékbolygók, miután a titokzatos «első lökés» egyszer elindította őket, folytonosan keringenek megszabott elliptikus pályájukon, mindörökké vagy legalábbis a világ végéig. A csillagok mindörökké szilárdan és mozdulatlanul nyugodnak helyükön, ahol az «általános gravitáció» által tartják egymást. A Föld öröktől fogva, vagy (akinek jobban tetszett) a teremtés napjától kezdve változatlanul olyan, amilyen most. ...Nem ismertek el semmiféle változást, semmiféle fejlődést a természetben.”*

Szemből ezekkel a helytelen metafizikus nézetekkel a dialektikus materializmus a valóságnak megfelelően azt tanítja, hogy a mozgás az anyag létezési módja. Az anyag és a mozgás szervesen, elválaszthatatlanul összefügg egymással. Az anyagnak nincs szüksége valami külső mozgatóra, a mozgás az anyag belső, elidegeníthetetlen sajátja. A világ nem más, mint mozgó anyag. Ez az anyag belső és elidegeníthetetlen sajátjának felfogott mozgás azonban nemcsak egyszerűen helyváltoztatást, mechanikai mozgást jelent, hanem — Engels szavaival: „... a világegyetemben végbemenő minden változást és folyamatot magában foglal, a pusztá helyváltoztatástól a gondolkodásig”.**

A mechanikai mozgás tehát csak a legegyszerűbb mozgásforma, amely azonban az anyag fejlődése során más magasabb mozgásformákba megy át. „A mozgás minden formája képes és kénytelen is arra, hogy ... a mozgás bármely más formájába csapjon át.”***

A helyes természetszemlélet szerint tehát az égitestek mozgásának lényege nemcsak az égitestek helyzetváltoztatása, hanem maguknak az égitesteknek a változása, fejlődése, keletkezése és pusztulása. A marxista dialektika arra tanít, hogy a

* Engels: A természet dialektikája. Szikra 1952, 36–37. old.

** Engels: A természet dialektikája. Szikra 1952. 79. old.

*** U. o. 235. old.

csillagászat akkor lehet az objektív valóság megismerésének eszköze, ha az égitesteket mozgásukban és fejlődésükben vizsgálja.

A csillagászat eredményei mindenben igazolták a marxista dialektika tanítását.

Éppen a csillagászat volt az a tudomány, amely az első rést ütötte a metafizikus természetfelfogáson. Kant 1755-ben, majd nem sokkal később Laplace 1796-ban megalkották a Naprendszer kialakulására vonatkozó első tudományos kozmogóniai elméleteket. Felismerték, hogy a Naprendszer tagjai, a Nap és a bolygók természeti törvények alapján alakultak ki az anyag egy más formájából. Ezáltal megcáfolták a teremtett és változatlan világ legendáját. Kant és Laplace elméleteivel új ága bontakozott ki a csillagászatnak: a kozmogónia tudománya, mely az égitestek kialakulásával és fejlődésével foglalkozik. Kant és Laplace az anyag azon sajátosságai közül, mely a Naprendszert létrehozta, még kizárólag a mechanikai erőket látták meg, és elméletüknek ez a része ma már nem állja meg a helyét. Elméleteik azonban nagyban hozzájárultak a kozmogónia tudományának fejlődéséhez. Ez a tudomány Kant és Laplace korában még csak mintegy a csillagászat függelékeként jelentkező néhány feltevésre szorítkozott, amelynek publikálói nem tulajdonítottak különösebb fontosságot. Laplace csupán „A világ rendszerének kifejtése” c. népszerű könyvének utolsó fejezetéhez írt megjegyzésében fejtette ki elméletét. Kant és Laplace óta azonban a kozmogónia hatalmas fejlődésnek indult és a planetáris kozmogónián kívül felöleli a csillagok, csillagrendszerek fejlődésének tudományát és áthatja a legmodernebb asztrofizikai kutatásokat.

Megváltozott a kozmogónia célja és módszere is. A 19. században és a 20. század elején a kozmogóniai kutatások főként spekulatív kozmogóniai elméletek felállításában merültek ki. Kiindultak valamilyen feltevésből és annak helyességét azután igyekeztek tudományosan ellenőrizni. A mai kozmogónia azonban az asztrofizika által feltárt tényekből indul ki és az égitestek fejlődésének általános törvényszerűségeit kutatja.

Az utolsó évtizedekben az asztrofizikai kutatások rengeteg anyagot gyűjtöttek a csillagokról és csillagrendszerekről, a csillagok közötti térben található szétszórt intersztelláris anyagról. Ezek a megfigyelési eredmények konkrét adatokat szolgáltatattak ahhoz, hogy az égitestek szüntelenül változnak és nem azonos korúak. Az égitestek változása a mi időszámításunkhoz képest általában igen hosszú, évmilliárdok alatt megy végbe. Megismeréséhez azonban mégis módot ad egyfelől az a körülmény, hogy bizonyos esetekben a változások közvetlenül tapasztalha-

tók, vagy egyes jelenségek csakis az égitesteken végbemenő változások eredményeként értelmezhetők, másfelől megfigyelhetünk különféle típusú és különböző fejlődési szakaszban lévő csillagokat, amelyek között a genetikus kapcsolat kimutatható. Ennek a kapcsolatnak a kiderítéséhez a különféle típusú csillagok korára vonatkozó megállapítások adják a kulcsot.

Közvetlenül tapasztalhatjuk pl. a Napon végbement változásokat. Műszereinkkel ki tudjuk mutatni az úgynevezett naptevékenység változásait, amely gyűjtőneve a Napon végbement változásoknak. Ezek közül mint legismertebbet említhetjük a Nap fotoszféráján keletkező és elmúló napfoltokat, a Nap légköréből felemelkedő és visszahulló lángalakú gáztömegeket a protuberanciákat, a Nap külső burkai sugárzásának változásait. De ugyanúgy közvetlenül tapasztaljuk a változó csillagok fényének szakaszos erősödését és gyengülését, a nova és szupernova csillagok fellángolásait, az üstökösök felbomlását gázra és porra és még több más jelenséget.

A csillagok energiasugárzásának módjából következtethetünk arra, hogy a Nap és a többi csillagok sugárzását a hélium atommagoknak hidrogén atommagokból való felépülése alkalmával felszabaduló energia tartja fenn. Változik tehát a csillagok anyagi összetétele és egyúttal tömege is, mert a felszabaduló energia forrása az energiasugárzással együttjáró tömegvesztés.

Bizonyos csillagok, így a nagy abszolút fényességű, legnagyobb tömegű O-típusú csillagok, továbbá az úgynevezett Wolf-Rayet csillagok, a P Cygni típusú csillagok és a T-Tauri változó csillagok szinképi vizsgálata azt mutatja, hogy ezek nemcsak fényt és hőt sugároznak, hanem felületükről anyag áramlik ki, nagy sebességgel izzó gáztömegeket dobnak ki magukból. A Wolf-Rayet csillagok például emiatt évente akkora tömeget veszítenek, amely egész tömegük egy milliomod részétől százszázedig terjedhet. Ilyen anyagiáramlás másfajta csillagoknál is végbemegy, csak kisebb mértékben. A Napnak is van elemi anyagi részecskékből álló, úgynevezett korpuszkuláris sugárzása.

Mindez, és az asztrofizikának még sok más eredménye arról beszél, hogy a csillagok szüntelenül változnak. De az elméleti asztrofizika és a csillagrendszerek mozgásának vizsgálata módszerével meg lehet becsülni a csillagok, ködök, csillaghalmazok életkorát is.

A gömbhalmazok és a gömbalakú alrendszerek csillagai a Tejútrendszer idős csillagai. Ezek kora ezer milliárd évnél is nagyobb. A sík- és átmeneti csillagrendszerekben viszont közepes életkorú és fiatal csillagokat találunk. Közepes életkorú

csillag pl. a Nap, melynek kora mintegy tízmilliárd év. Fiatal csillagok az előbb említett azon csillagok, melyeknél nagymértékű anyagkiáramlás állapítható meg. Az anyagkiáramlás jelenlegi sebessége mellett ugyanis ezek a csillagok nem létezhetnek néhány millió évnél régebben, mert hosszabb idő alatt elfogyott volna már egész tömegük.

Az Ambarcumján által felfedezett csillagtársulások vizsgálata más oldalról mutatta ki, hogy az O-típusú csillagok és a T-Tauri változók nemrégén keletkeztek és ezek a vizsgálatok fényt derítettek a csillagok keletkezésének módjára is. Ambarcumján vizsgálatai szerint a csillagtársulások egymástól elég nagy távolságra lévő csillagok laza csoportosulásai, melyeket a környező csillagok vonzóereje rövid kozmikus idő, néhány millió év alatt felbont. Tehát a jelenleg megfigyelhető csillagtársulások fiatal képződmények, azért léteznek, mert még nem volt alkalmuk arra, hogy felbomoljanak. A társulásokat alkotó csillagok fiatal égitestek, nemrégén jöttek létre. A társulások csillagai csoportban keletkeztek. Ambarcumján és munkatársainak vizsgálatai szerint az összes csillagok, melyek a Tejútrendszer sík alrendszerét alkotják, O-társulásokban, az átmeneti rendszerek tagjai pedig T-társulásokban alakultak ki és ez a folyamat ma is tart. A csillagok tehát nem egyszerre keletkeztek, hanem folyamatosan, napjainkban is kialakulnak új csillagok. A csillagok minden valószínűség szerint a csillagok közötti térben található gáz- és porködökből csoportosan alakulnak ki, amit a gázködök és csillagtársulások kapcsolata, a gázködökben megfigyelhető csillaglancok és más fiatal képződmények létezése bizonyít.

G. A. Sajin akadémikus és munkatársai a Krim félszigeti asztrofizikai obszervatóriumban az extragalaxisok gázködeiben fiatal, forró óriáscsillagokat figyeltek meg.

V. G. Feszenkov akadémikus a Makszutow-féle újrendszerű távcsővel megfigyelte a csillagokat összekötő ködszálakat, melyek közül egyesek már apró csillagcsirákká estek szét. Indokoltnak látszik az a feltételezés, hogy ez esetben szemünk látára megy végbe a csillagok keletkezése.

Mindezen tények folytán a kozmogónia tudománya ma már lényegesen több, mint bizonyos kezdeti feltevések felállítása, amelyekből le lehet vezetni az égitestek valamely rendszerének jelenlegi állapotát. A modern kozmogóniának az a célkitűzése, hogy az asztrofizika megfigyelései alapján feltárja az égitestek, s azok rendszerei fejlődésének objektív törvényszerűségeit.

Az asztrofizika fejlődésének jelenleg még kezdetén tart, hiszen száz éve sincs, hogy a színeképelemzést a csillagászatban kezdték alkalmazni. A csillagok keletkezése és fejlődése bonyo-

lult folyamatának részleteiben való megismeréséhez még rengeteg megfigyelésre van szükség. Ebben a munkában a szovjet csillagászat jár az élen. Az eddigi eredmények arra mutatnak, hogy a csillagok a csillagok közötti térben található por- és gáztömegekből alakulnak ki. Tejútrendszerünk régebbi fejlődési szakaszában olyan csillagrendszer volt, amelyben csak a jelenlegi gömbalakú alrendszereket alkotó idős csillagok szerepeltek. Csak azután keletkeztek a sik és átmeneti típusú rendszerek. Csillagok napjainkban is keletkeznek. A fiatal csillagok nem egyformán születnek. Nemcsak kék és fehér óriások, hanem sárga és különböző típusú törpe csillagok is keletkeznek. A fiatal csillagok valamennyien labilisak, felületükön hatalmas gázkitörések mennek végbe, tengelyköri forgásuk igen gyors. A csillagok életútja úgy alakul, hogy kezdetben a nagymértékű anyagkiáramlás miatt tömegük jelentősen csökken és az igen fényes s magas hőmérsékletű csillagok kevésbé fényes hidegebb és lassabban forgó csillagokká alakulnak. A mi Napunk pl. A. G. Maszjevics szovjet csillagász vizsgálatai szerint egy B-típusú, forróbb, és a mai Napnál tízszer nagyobb tömegű csillag volt, amely igen nagy sebességgel forgott tengelye körül. Néhány milliárd év alatt sugárzás és korpuszkuláris sugárzás útján fokozatosan veszített tömegéből, és a jelenlegi kevésbé forró Nappá alakult. A kevésbé forró csillagok további sorsa egyelőre még nincs tisztázva, de a már megismert fejlődési szakasz is hatalmas, milliárd évekre terjedő időtartamot ölel fel.

A haladó tudománynak ezek az eredményei megcáfolták mindazokat az áltudományos elméleteket, amelyekkel a nyugati burzsoá csillagászok akarták elkódósítani a csillagok fejlődésének megismerését. Ezek az elméletek azt akarták igazolni, hogy a csillagok mind egyszerre keletkeztek, vagy bonyolultabb formában próbálták a semmiből teremtes gondolatát becsempészni a tudományba. F. Hoyle, a cambridgei iskola vezetője pl. azt állítja, hogy a teremtes napjai nem értek véget, anyag most is állandóan létrejön a „semmiből”. Más nyugati tudósok kiszámították a világ „teremtésének” pillanatát, amikor az egész világmindenség egy ősi „atya-atom” formájában teremtődött, majd az „atya-atom” felrobbant és ettől kezdve a világ állandóan tágul.

Jellemző azonban a helyzetre, hogy a Nemzetközi Csillagászati Szövetség 1952-ben Rómában tartott kongresszusán, melynek központi kérdése a csillagok fejlődésének problémája volt, a szovjet csillagászok beszámolóit a kongresszus többsége olyan elismeréssel fogadta, hogy az idealista csillagászok nem is mertek előállni nevetséges elméleteikkel.

A csillagászat eredményei azt bizonyítják, hogy örök idők óta tart a világmindenség törvényszerű fejlődése.

3. *A fejlődés mint a mennyiségi változások átmenete gyökeres, minőségi változásokba*

A világmindenségre a legkevésbé sem jellemző az egyformaság. Az atomokból, sőt az atomot felépítő kis elemi részecskéktől kezdve a porszemnyi „égitesteken”, meteorokon, majd üstökösökön, apró és nagy bolygókon, a sokfajta csillagon keresztül a sokmilliárd csillagot magukban foglaló hatalmas csillagrendszerekig a legváltozatosabb formáit találjuk a mozgó anyagnak. Ez a változatosság egyébként éppen úgy jellemző a világmindenség egy részére is, gondoljunk csak a Földön az élettelen és élő természet rendkívüli változatosságára.

Ősi problémája az emberi gondolkodásnak, hogy milyen törvények hatására hozta létre az anyag a világ jelenségeinek sokféleségét. A csillagászat területén abban áll ez a probléma, hogy hogyan jöttek létre a világmindenségben megfigyelhető sokféle égitestek és azok rendszerei?

Az idealista felfogásnak erre nem volt más magyarázata, minthogy egy természetfeletti lény ilyen sokfajta égitestet teremtet a semmiből.

De nem tudott erre feleletet adni a metafizikus materializmus sem, mert a fejlődésben nem látott mást, mint egyszerű növekedési folyamatot, amelynek keretében legfeljebb olyan mennyiségi változások lehetségesek, amelyek nem zavarják meg lényegesebben az égitestek létezését. Ennek a felfogásnak hívei például el tudtak képzelni olyan változásokat, hogy kihül a Nap s akkor majd a hideg Nap körül fognak keringeni a kihalt bolygók, vagy több égitest véletlenül találkozik és közös rendszerben mozog tovább. El tudtak tehát képzelni bizonyos változásokat a meglévő égitestek fizikai állapotában és mozgásában, de ezen az alapon sohasem jöhetett létre semmiféle új típusú égitest, és arra sem volt magyarázat, hogy a jelenleg megfigyelhető égitestek milyen törvények hatására jöttek létre.

Csak a dialektikus materializmus tudott erre a kérdésre feleletet adni, amikor felismerte, hogy a mennyiségi változások csak egy ideig nem érintik a tárgy minőségét. Mihelyt ezek a mennyiségi változások elérnek egy bizonyos kritikus pontot — amely a különböző tárgyaknál más és más — minden további mennyiségi gyarapodás vagy csökkenés a tárgy minőségének gyökeres megváltozásához vezet. A régi tárgy megváltozik és új tárgy jön létre, mely minőségileg különbözik a régi tárgytól.

Sztálin elvtárs megfogalmazása szerint:

„A dialektika ellentétben a metafizikával, a fejlődés folyamatát nem egyszerű növekedési folyamatnak tekinti, ahol a mennyiségi változások nem vezetnek minőségi változásokra, — hanem olyan fejlődésnek, amely jelentéktelen és rejtett mennyiségi változásból nyílt változásokba, gyökeres változásokba, minőségi változásokba megy át, ahol a minőségi változások nem fokozatosan következnek be, hanem gyorsan, hirtelen egyik állapotból a másik állapotba való ugrásszerű átmenettel, és nem véletlenül következnek be, hanem törvényszerűen, észre sem vehető és fokozatos mennyiségi változások felhalmozódásának eredményeként.”*

A dialektika ezen tanításának első lényeges vonása, hogy a mennyiségi változások gyökeres minőségi változásokhoz vezetnek. Ez a nyitja annak, hogy a természetben új dolgok jönnek létre. Ennek a tanításnak igazsága a csillagászat területén is bebizonyosodott.

Hogyan magyarázhatjuk meg például a Föld létrejöttét? A Föld kialakulásának történetét mai tudásunk szerint Smidt akadémikus elmélete tükrözi a valóságnak legmegfelelőbben. A Smidt-elmélet szerint Földünk és a többi bolygó a Nap körül eredetileg önálló pályán keringő apró kis meteorok összesűrűsödéséből keletkezett. Amikor az összeütközések miatt megindult a meteorok tömörülése, eleinte csak néhányezer, vagy néhány millió meteor tapadt össze. Ekkor még csak egy nagyobb meteorról beszélhetünk. A metafizikus szemlélet szerint ez a folyamat évmilliárdokig is csak egy kolosszális meteor képződésére vezetett volna. A valóságban azonban más történt. Amikor az összeálló meteorok tömege elért egy bizonyos nagyságot, a rádióaktív anyagok által termelt hő nem tudott többé szétsugározni, az anyag képlékennyé vált, fajsúly szerint rendeződött, gömbalakú égitest alakult ki, melynek tömege elég nagy volt arra, hogy vonzóerejével le tudta kötni légkör formájában a belsejéből kiáramló gázokat és felületén olyan körülmények alakultak ki, melyek lehetővé tették az élettelen anyagnak élő anyaggá fejlődését. Az évmilliárdok alatt felhalmozódott mennyiségi változások tehát végül is gyökeres minőségi változásra, bolygó kialakulására vezettek.

A világmindenség más égitesteinek vizsgálata is azt mutatja, hogy az égitestek bármely oldalának mennyiségi növekedése minőségi változásokkal jár. Nem létezhetik pl. akármilyen nagy tömegű bolygó. Naprendszerünk legnagyobb bolygója körül-

* A Szovjetunió Kommunista (bolsevik) Pártjának története. Szikra 1953. 131. old.

belül a Jupiter — melynek tömege 318-szor múlja felül a Föld tömegét — az a határ, amelynél nagyobb bolygó nem lehetséges. Ha ennél nagyobb kondenzátumok alakulnak ki a világ-mindenség anyagából, akkor a belsejükben uralkodó óriási nyomás és más fizikai tényezők olyan folyamatokat indítanak meg, hogy az anyag csillagállapotba kerül. A csillag minőségileg más-fajta égitest, mint a saját fénnel nem rendelkező bolygó, a csillag energiát kisugárzó izzó gázgömb.

Bár a csillagok zöme hasonló a mi Napunkhoz, a Naptól különböző csillagok igen nagy változatosságot mutatnak, többféle csillagtípust ismerünk. A különféle csillagtípusok között genetikus kapcsolat áll fenn. Egy bizonyos típusú csillag fejlődése során átalakul egy más típusú csillaggá. Az átalakulás ez esetben is lassú mennyiségi változások felhalmozódásának eredményeként következik be. A fejlődés során az anyag (helyesebben tömeg) kiáramlás miatt változik a csillag tömege és az energia-kisugárzás miatt változik a csillag százalékos hidrogéntartalma, vagyis anyagi összetétele. Amint ezek a változások elérnek egy határértéket, új típusú csillag jelenik meg.

Az égitestek fejlődésének az tehát egyik lényeges vonása, hogy a bennük felhalmozódó mennyiségi változások következtében eltűnik a régi típusú égitest és újtípusú égitest alakul ki. Ez a szakadatlanul tartó folyamat hozza létre az égitestek sokféle változatosságát.

Mint minden fejlődési folyamatnak, az égitestek fejlődésének is kettős formája van, az égitestek fejlődésüknek két, egymással kölcsönösen összefüggő szakaszán mennek át. A fejlődés első, úgynevezett evolúciós szakaszában felhalmozódnak az égitesten a mennyiségi változások és előkészítik a talajt a gyökeres minőségi változások számára. A második, a revolúciós szakasz, a minőségi változások szakasza, a régi égitest eltűnésének és az új égitest keletkezésének szakasza.

A Nap pl. jelenleg a fejlődés evolúciós szakaszán tart. Ebben a szakaszban a Nap igen keveset változik. Maszjevics számításai szerint a Nap sugárzása az elkövetkezendő tízmilliárd év folyamán mindössze 0,03 %-kal, tömege pedig csak 0,01 %-kal fog csökkenni. A Nap sugárzása tehát gyakorlatilag még hosszú évmilliárdokig nem fog változni, ami beláthatatlan fejlődést biztosít az emberiség számára.

Meg tudunk figyelni viszont különféle égitesteket fejlődésüknek a másik, a revolúciós szakaszában. Legkézenfekvőbb példa erre a szupernova csillagok hirtelen fellángolása, amikor a csillag néhány óra alatt teljesen más, az előbbitől különböző állapotba kerül még belső részelt illetőleg is.

A fejlődés kettős formája közül az egyiknek vagy másiknak tagadása a fejlődés eltorzítására és helytelen következtetésekre vezet. Így nem vezettek eredményre azok az elgondolások, amelyek a világmindenségben új égitestek kialakulását kizárólag hirtelen, mennyiségi változások által elő nem készített minőségi változásokra akarták visszavezetni. Buffon próbálta pl. 1745-ben a Naprendszer keletkezését úgy megmagyarázni, hogy egy üstökös belezuhant a Napba és az összeütközés következtében a Napból kidobott anyagból keletkeztek a bolygók. Ugyanezen a nyomon járt Jeans is, amikor a Napnak egy másik csillaggal való véletlen találkozása folyamán a csillag vonzóereje által a Napból kiszippantott anyag tömegből, származtatta a bolygókat. Ezek az elméletek azonban sikertelen próbálkozások maradtak a kozmogónia történetében.

A Smidt-elmélet, mely figyelembe veszi a fejlődés kettős formáját, az összes eddigi elméletek közül a legjobban meg tudja magyarázni a Naprendszer főbb tulajdonságait. Hiányossága viszont még a Smidt-elméletnek, hogy nem veszi figyelembe a bolygórendszer központi égitestének, a Napnak fejlődését. Figyelemreméltó Feszenkov akadémikus javaslata, aki a Nap fejlődésével hozza szoros kapcsolatba a bolygók kialakulását. A Feszenkov-elmélet szerint a Nap fejlődésének egyik evolúciós szakasza készíti elő azt a minőségi változást, amelynek következtében a bolygók a Napból kiszakadtak. Nem lehetetlen, hogy a Smidt-elmélet további fejlődésében helyet kapnak a Feszenkov-elmélet bizonyos vonásai. Van ugyanis olyan elgondolás, mely a kaptáció lehetőségét a Nap fejlődésével, a Nap fejlődésének kezdeti szakaszával hozza kapcsolatba.

A dialektikának a mennyiségi változásoknak minőségi változásokba való átcsapására vonatkozó másik fontos tanítása, hogy a minőségi változások nem fokozatosan következnek be, hanem egyik állapotból a másik állapotba való ugrásszerű átmenettel. Az egyik minőségből a másik minőségbe való átmenet mindig ugrás formájában történik.

Sztálin elvtárs világította meg, hogy ennek az ugrásszerű átmenetnek két fő formája lehetséges. A régi minőségből az új minőségbe való ugrásszerű átmenet egyrészt történhetik hosszú idő alatt, a régi minőség elemeinek lassú elhalása és az új minőség elemeinek növekedése útján, másrészt történhetik robbanás formájában is.

Sztálin elvtársnak az a tanítása, hogy az ugrás a fejlődés általános formája, a robbanás pedig az ugrás sajátos megnyilvánulása, vagyis, hogy az ugrás csak meghatározott feltételek között megy végbe robbanás formájában, igen nagy jelentő-

ségű a természettudományok, de különösen a csillagászat szempontjából.

A robbanás általában inkább kivétel, mint szabály a természet fejlődésében, a csillagászat területén pedig nagyon is fontos annak szem előtt tartása, hogy nemcsak a hirtelen robbanás formájában kell felismernünk a minőségi változásokat. A világmindenség nagy folyamatai, az égitestek kialakulása és fejlődése ugyanis olyan hosszú idő alatt megy végbe, amelyhez képest nemcsak a modern csillagászati észlelések néhány évtizedes multja, de az emberiség egész eddigi története egy szempillantásnál is kevesebb. A világmindenség történetében az ugrásszerű változások időszaka az égitestek több milliárd évre terjedő életkorához képest viszonylag igen rövid időtartam, de a mi időszámításunk egységével mérve százezer, vagy millió éveket is kitehet. Mindazok a nem stabil, nem stacionárius csillagok, amelyeknél nagymérvű tömegkiáramlást, vagy jelentős változásokat észlelünk, az ugrásszerű változás állapotában vannak. V. A. Ambarcumján éppen azt a feladatot tette a modern kozmogónia központi kérdésévé, hogy a csillagokat nem évmilliárdokig tartó fejlődésük viszonylag nyugodt periódusában kell vizsgálni, hanem az egyik állapotból a másikba való átmenetük időszakában, az ugrás állapotában.

Ezáltal válik lehetségessé az égitesteknek mozgásukban, változásukban való megfigyelése, ami döntő a kozmogónia további fejlődése szempontjából.

Nagyszámú égitest összehasonlítása azt bizonyítja, hogy az egyik minőségből a másik minőségbe való átmenet a világmindenségben is mindig ugrás formájában történik.

A csillagok abszolút fényessége és hőmérséklete (színképe) közötti összefüggést feltüntető Herzprung—Russel-féle diagrammban a csillagok nem rendszertelenül, hanem bizonyos sávok mentén helyezkednek el, melyek főág, óriáság, szuperóriáság, szubóriások, fehér-kék sorozat, fehér törpék és szub-törpék néven ismeretesek. Ez azt jelenti, hogy a világmindenségben nem létezik akármilyen csillag, amit elképzelhetünk, hanem a csillagok jellemzői meghatározott, kölcsönös összefüggésben vannak egymással. A sokmilliárd csillag néhány nem nagy számú osztályba sorolható, amelyek között átmeneti alakok nincsenek. Az ilyenek, ha léteznek is, nem stabilisak. Ámde a csillagok különféle osztályai között genetikus kapcsolat mutatható ki. Nyilvánvaló tehát, hogy a fejlődés során az egyik állapotból a másik állapotba való átmenet ugrás formájában történik. Az asztrofizika eredményei nyomán valóban úgy képzelhetjük el a csillagok fejlődését, hogy ennek során a csillagok

nemcsak végigvándorolnak a Herzprung—Russel-diagramm egy-egy ága mentén, hanem át is ugorhatnak egy másik ágra s annak mentén haladnak tovább. Támpontjaink vannak már arra vonatkozólag is, hogy mely ágak között lehetségesek ilyen átugrások, tudjuk pl., hogy a Nap típusú és a szubtörpe csillagok közötti ilyen átmenet nem lehetséges.

A csillagok és a csillagok közötti térben található diffúz anyagok sűrűségében mutatkozó ugrásszerű változás is arra utal, hogy maguknak a csillagoknak keletkezése is ugrás formájában történik.

A világmindenségben az új minőség kialakulásának általános formája a fokozatos ugrás. Emellett megtaláljuk az ugrás sajátos megnyilvánulását, a robbanást is. Ez történik a nova és méginkább a szupernova csillagok esetében. A novák fellángolásánál a csillag fényessége 24 óra alatt ezerszeresére, a szupernovák esetében milliószorosára is megnövekedhetik. A nova és szupernova csillagokra jellemző meghatározott feltételek mellett hosszabb nyugalmi időszak alatt a csillag belsejében lejátszódó folyamatok következtében felhalmozódnak az ellentmondások, szakadatlanul termelődik a bekövetkező kitörés energiája. Ez a kitörés azonban csak akkor következik be, amikor olyan sok energia gyűlt össze, hogy a nehézségi erő már nem képes a csillag külső rétegeit visszatartani. Ekkor viszont olyan hatalmas energia szabadul fel, hogy a csillag robbanás formájában jut más minőségi állapotba.

Egyes burzsoá csillagászok, így pl. a svéd Lenkviszt, és az angol Milne számításokkal kísért tudományos köntösbe öltöztetve terjesztették azt a hibás nézetet, hogy a fejlődés általános formája a robbanás s e szerint a Tejútrendszer minden egyes csillaga, következésképpen a Nap is előbb utóbb novává válik s a százszorosra megnövekedett izzó napfelület az egész Földet elégeti. Az ilyen következtetésben nyilván az „utolsó ítélet” tudományos magyarázatának kísérlete rejlik.

Megtévesztő számításaiknál azt vették alapul, hogy ha évente a Tejútrendszerben kb. 100 nova lángol fel, akkor — csak azon 2 milliárd év óta, amennyi kb. Földünk kérgének kora — a Tejútrendszerben mintegy 200 milliárd nova fellángolásának kellett történnie, ami olyan nagyságrendű, mint a Tejútrendszer összes csillagainak száma.

B. V. Kukarkin és P. P. Parenago szovjet csillagászok azonban kimutatták, hogy egyáltalában nem arról van szó, hogy a Tejútrendszer csillagai sorra fellángolnak, hanem arról, hogy a nova fellángolás bizonyos különleges csillagfajták ismétlődő jelensége. A Tejútrendszerben tipikus nova mindössze kb. fél

millió, ezek azonban időről időre, átlagosan ötezer évenként fellángolnak. A Nap és a naptípusú csillagok sohasem válhatnak novává.

Az a tény, hogy a Tejútrendszer mintegy 150 milliárd csillaga közül Musztel számításai szerint csak fél millió a nova csillagok száma, szemléltetően mutatja, hogy az ugrás a világmindenségben is csak meghatározott feltételek mellett megy végbe robbanás formájában.

4. A fejlődés, mint az ellentétek harca

Az eddigiekben láthattuk, hogy a dialektika tanításai mint tükrözik a világmindenségben a jelenségek kölcsönhatásának folyamatát, a világmindenség szakadatlan változását és megújulását és azt, hogy hogyan megy végbe a világmindenségben a fejlődés a régítől az új felé a mennyiségi változásoknak minőségi változásokba átsapásának következtében.

Megismertük, hogy a csillagászat eredményei kivétel nélkül megerősítik a dialektikának eddig tárgyalt három alapvonását, de az is nyilvánvaló, hogy a világmindenség jelenségeinek lényegébe csak a dialektika tanítása alapján tudunk behatolni. A dialektika eddig megismert három alapvonása is igen lényeges mozzanatait ragadja meg a világmindenségnek, amikor rávilágít az egységes világmindenség égitestjeinek kölcsönhatására, szakadatlan fejlődésére és ennek a fejlődésnek a módjára.

Homályban maradt azonban mindezideig, hogy mi ennek a fejlődésnek az indító oka, a forrása.

Az idealista filozófia ezt az indító okot a világmindenségen kívül létező természetfeletti erőben, az istenben, vagy „Abszolút Eszmében” látja. De nem tudott erre a kérdésre kielégítő feleletet adni a metafizikus materializmus sem, mely a fejlődést csak mint csökkenést és nagyobbodást, mint ismétlést fogta fel.

Erre az igen fontos kérdésre szintén csak a dialektikus materializmus tudott tudományos választ adni, amikor felismerte, hogy semmi szükség sincsen arra, hogy a természet fejlődésének hajtóerejéül természetfeletti erőket tétélezzünk fel, mert a fejlődés forrása magából a mozgó anyagból ered.

A dialektikus materializmusnak ezt a nagy jelentőségű tanítását fejezi ki a dialektika negyedik alapvonása, mely szerint a fejlődés forrása a kivétel nélkül minden jelenségben és folyamatban meglévő belső ellentmondások és a fejlődés lényege ezen ellentmondások felfakadása, az ellentmondások alapján ható ellentétek harca.

„A fejlődés — mondta Lenin — az ellentétek harca.”*

Sztálin elvtárs „A dialektikus és történelmi materializmus-ról” c. könyvében így foglalja össze a dialektikának az ellentmondásokról szóló tanítását:

„A dialektika, ellentétben a metafizikával, abból indul ki, hogy a természet tárgyainak, a természet jelenségeinek tulajdonsága, hogy belső ellentmondásaik vannak, mert minden természeti tárgynak, jelenségnek megvan a negatív és pozitív oldala, multja és jövője, sorvadó és fejlődő eleme, hogy ezeknek az ellentéteknek a harca az új és a régi, az elhaló és születő, a sorvadó és fejlődő harcát alkotja a fejlődési folyamat belső tartalmát, a mennyiségi változások minőségi változásokba való átcsapásának belső tartalmát.

Ezért a dialektikus módszer azt tartja, hogy az alacsonyabbtól, a magasabb felé haladó fejlődési folyamat nem a jelenségek harmonikus kibontakozása során, hanem a tárgyakban és jelenségekben bennrejlő ellentmondások felfakadása, mint az ellentmondások alapján ható ellentétes tendenciák «harca» során megy végbe.”**

A metafizikus szemlélet szerint a tárgyak, jelenségek nem mások, mint holt azonosságok. A dolgok egyenlőek önmagukkal és nincs bennük semilyen ellentmondás, tehát nincsen semmi belső ösztönzőjük a fejlődésre. A burzsoá társadalom ideológusai ma is tagadják a dolgok belső ellentmondásait, éppen azért, hogy elkendőzzék a kapitalista társadalom ellentmondásait és a pusztulásra ítélt kapitalista világot olyan ellentmondás nélküli egységnek tüntessék fel, ahol egyetértés uralkodik és nincs osztályharc.

A valóság azonban rácáfol ezekre az osztályérdekek sugallta tanításokra, mert sem a természetben, sem a társadalomban nincsen olyan jelenség, mely ne tartalmazna belső ellentmondásokat.

A világmindenség jelenségeit is csak akkor tanulmányozhatjuk a valóságnak megfelelően, ha azokat úgy vizsgáljuk, mint amelyek belső ellentmondásokat tartalmaznak.

Ellentmondásos természetű maga az egész világmindenség is, mert a világmindenség egyrészt végtelen és másrészt egyben véges is, abban az értelemben, hogy szerkezete véges számú égitestek rendszereiből épül fel. A világmindenség a véges és végtelen egysége.

* *Lenin*: Marx, Engels, marxizmus. Szikra 1949. 271. old.

** A Szovjetunió Kommunista (bolsevik) Pártjának története. Szikra 1953. 133—4. old.

De belső ellentmondást találunk a világmindenség bármely jelenségében is.

Mint Lenin jellemezte: „A világban végbemenő bármely folyamat megismerésének, *«önmozgásában»* (kiemelés Lenin-től), spontán fejlődésében; eleven életében való megismerésének feltétele az, hogy azt mint ellentétek egységét ismerjük meg.”*

A legklasszikusabb ellentmondásos jelenség már maga az égitestek egyszerű helyváltztatása, mechanikai mozgása is.

Engels az „Anti-Dühring”-ben így világította meg a mechanikai mozgás ellentmondásos jellegét: „Maga a mozgás ellentmondás; már az egyszerű mechanikai helyváltozás is csak azáltal mehet végbe, hogy valamely test egy és ugyanazon időpontban egy helyen és egyszersmind egy másik helyen, egy és ugyanazon helyen és nem azon a helyen van. És ennek az ellentmondásnak folytonos létesülése és egyidejű megoldása teszi éppen a mozgást.”**

Az égitestek mozgása tehát nem úgy történik, hogy az égitest előbb eljut a tér valamely pontjáig, azután pedig a másikig, hanem a mozgó égitest ugyanabban az időben a tér különböző pontjain van, ami nyilvánvaló ellentmondás.

Egyes konkrét égitestek konkrét mechanikai mozgásának tanulmányozása alkalmával azután az alapvető ellentmondás mellett újabb ellentmondásokkal találkozunk.

Népszerűsítő csillagászati előadások alkalmával gyakran felteszik a kérdést, hogy miért nem esik a Hold a Földre, vagy a Föld a Napba? A valóságban a Hold szakadatlanul, az évmilliók minden pillanatában „esik” a Föld felé, hajszálpontosan ugyanakkora gyorsulással, ahogy egy, a Hold távolságának megfelelő magasságba felvitt és ott elejtett kődarab esne a Földre. Ugyanakkor azonban a Hold egyenesvonalú egyenletes mozgást is végez, mely egyre távolabbra viszi a Holdat a Földtől. Ennek a két ellentétes mozgásnak folytonos létesülése teszi a Holdnak a földkörüli keringését és ugyanúgy a bolygók, üstökösök, meteorok napkörüli keringését.

Az égitestek különféle rendszerében, mint amilyen például a Naprendszer, a Tejútrendszer, vagy a Tejútrendszer alrendszerei, a rendszert összetartó gravitációs hatások mellett mindig megtaláljuk az ellentétes hatásokat is, a perturbációt, az árapálykeltő erőket, amelyek a rendszer felbomlasztása irányában hatnak.

* *Lenin*: Marx, Engels, marxizmus, Szikra 1949. 270–1. oldal.

** *Engels*: Anti-Dühring. Szikra 1950. 124. old.

Természetesen nemcsak az égi mechanika, hanem az asztrofizika, vagy a csillagászat bármely területén is ellentmondásokkal találkozunk. Közös vonása ezeknek az ellentmondásoknak a vonzás és taszítás ellentéte. Engels is a vonzásban és taszításban ismerte fel a világmindenség fejlődésének hajtóerejét. „A természet dialektikája” c. művében fejtette ki, hogy a fejlődés alapformái a vonzás és taszítás, melyek elválaszthatatlanok egymástól, hogy a vonzás taszításba csaphat át és fordítva... Valamely naprendszer létezési folyamata ily módon a vonzás és taszítás kölcsönhatásának mutatkozik”^{*} írja Engels, majd arra is rámutat, hogy „most tehát már nem a vonzás és taszítás két egyszerű alapformájával van dolgunk, hanem az alformák egész sorával, melyekben az egyetemes mozgásnak a vonzás és taszítás ellentétében kibontakozó és lebonyolódó folyamata végbemegy.”^{***}

A csillagászat eredményei egyre inkább igazolják Engels megállapításait. Találóan és tömören fejezte ki Smidt akadémikus a modern csillagászatnak ebben a kérdésében elfoglalt álláspontját: „Nincs kétség afelől, hogy a világmindenség térben és időben végtelen és hogy az anyag körforgást végez, de meg kell jegyeznünk, hogy a körforgás nem pusztán ismétlést jelent. Az anyag kölcsönhatásának azt az alapvető jellemvonását, amely a körforgást biztosítja, már Engels is megállapította. Ez a vonzás és taszítás. A vonzási erők között kérdésünk szempontjából alapvetően fontos természetesen a nehézségi erő, továbbá az elektromágneses erők. A csillagászatban a taszító erők között gyakorlatilag a fénynyomás játszik nagy szerepet. Különösen fontos alapvető formája a taszításnak a sugárzó energia átvitele, a csillagok sugárzásának és fényterjedésének következtében.

Szokásos értelemben a 'taszítás' szakkifejezés itt nem megfelelő, de az effektus ugyanaz: az energia kiválása és távoli térbe való átvitele. A sugárzási energia eközben szétszóródik, azonban valahol és valahogyan feltétlen be kell következnie a megfordított folyamatnak is, melyet csak most kezdünk kipuhatólni és tanulmányozni. Ez a folyamat a fotonoknak elektronokká és pozitronokká való átalakulása és az atomok kialakulása egészen a nehezekig. A fotonoknak egy elektron-pozitron párrá való átalakulását, mint ismeretes, Joliot Curie kísérletei mutatták ki először. Ebben az egész nagy körforgásban kell az asztrofizikának eligazodnia.”^{***}

^{*} Engels: A természet dialektikája. Szikra 1952. 83. old.

^{**} Ugyanott 87. oldal.

^{***} O. J. Smidt: Négy előadás a Föld keletkezésének elméletéről. Akadémiai Kiadó, 1952, 15—16. old.

A csillagászat éppen azáltal tud eligazodni az égitestek fejlődésében, mert egyre jobban feltárja a jelenségek belső ellentmondását. Felismerte például, hogy a Nap és a többi csillagok létezése két ellentétes erő kölcsönhatásának eredménye. A csillag óriási izzó gázgömb. A gáznyomás és a sugárzó energia nyomása (taszítás) tágitja a csillagot, növeli a méreteit. Ugyanakkor a nehézségi erő (vonzás) összenyomja a csillagot, kisebbiti a csillagot. A csillag méretei e két erő harcának eredményeként alakulnak ki, amikor a csillag minden pontjában a gáz és fénynyomás egyensúlyban tartja az összes felette lévő rétegek súlyát.

A csillagászat is igazolja tehát a dialektikus materializmusnak azt a tanítását, hogy minden jelenség, folyamat belső ellentmondásokat tartalmaz.

További kérdés, miképpen válnak ezek a belső ellentmondások a fejlődés hajtóerejévé.

Erre vonatkozólag a dialektikának az ellentétek harca törvényéről szóló tanítása ad feleletet, amelyet Lenin a dialektika magyának nevezett.

A minden tárgyban és jelenségben jelenlévő dialektikus ellentmondások nemcsak tagadják, de kölcsönösen fel is tételezik egymást, vagyis meghatározott, de mindig viszonylagos egységet alkotnak. Minden jelenség, minden folyamat ellentétek egysége... „a dolog, jelenség stb. — írta Lenin — mint *ellentétek összege és egysége*”.*

Ha pl. a csillagon belül nem lenne meg a vonzás és taszítás viszonylagos egysége, akkor a csillag nem létezne mint meghatározott méretekkal bíró égitest, mert vagy összehúzódna vagy tágulna.

De az adott ellentétek nem mint egymással külső viszonyban állók jelentkeznek, hanem mint maguknak a dolgoknak belső ellentmondásai. Az előbbi példák mint a csillagnak belső ellentmondásai. Éppen az ellentéteknek ez a viszonylagos egysége teszi kölcsönös harcukat szükségszerűvé, elkerülhetetlenné, törvényszerűvé. S amíg az ellentétek egysége viszonylagos, harcuk abszolút jellegű.

A Nap és a legtöbb csillag emberileg belátható idő folyamán gyakorlatilag nem változik, nem tágul, nem húzódik össze, vagyis egyensúlyban van. Ez az egyensúly azonban csak viszony-

* *Lenin: Filozófiai füzetek. Szikra 1954. 196. old. 5. pont.*

lagos. Évmilliárdok alatt az ellentétes tendenciák harca olyan mennyiségi változásokat halmoz fel, amelyek végül is gyökeres minőségi változásokhoz vezetnek. Az égitestek fejlődése igen lassú folyamat, de ismerünk olyan instabilis, nem stacionárius csillagokat, melyek szemléletesen példázzák az ellentmondások egységének viszonylagos és harcuk abszolút voltát. Megfigyelhetünk olyan csillagokat, melyek ritmikusan összehúzódnak és kitágulnak, vagy amelyek felfúvódnak mint a szappanbuborék.

Az égitestek rendszereiben is csak viszonylagos a vonzás és tasztítás egyensúlya. Számítások szerint a Naprendszer stabilitása évmilliárdokra biztosítottnak tekinthető, de nem „örökre”. Azok a perturbáló erők, amelyek hatására jelenleg is kidobódik egy-egy üstökös a Naprendszerből, végül is felbontják a rendszert. A Tejútrendszer árapálykeltő ereje felbomlasztja a Tejútrendszer halmazait és végül a Tejútrendszer tágulása következtében magának a Tejútrendszernek felbomlása is be fog következni. Mindezek a folyamatok ugyanakkor sok más bonyolult folyamattal együtt megteremtik az előfeltételeit annak, hogy a világmindenség más részében, új, magasabbrendű rendszerek alakuljanak ki.

Így válik a minden dologban rejlő belső ellentmondás a világmindenség önfejlődésének, önmozgásának forrásává.

* * *

Összefoglalva a csillagászat legáltalánosabb eredményeit, ezek a következőkben igazolták mindenben a marxista dialektika tanítását:

1. A világmindenségben minden égitest, minden jelenség és folyamat összefügg minden más dologgal, a világmindenség égitestei egymással kölcsönhatásban állanak és feltételezik egymást.

2. A világmindenség minden égiteste a szakadatlan mozgás, változás, fejlődés állapotában van. A világmindenség öröktől fogva tartó fejlődése törvényszerű folyamat, amelyben a szükségszerűség utat tör magának az eltérések és véletlenek láncolatán keresztül.

3. A világmindenség fejlődése olyan folyamat, amely nemcsak mennyiségi, hanem gyökeres minőségi változásokat is magában foglal, amelyben a mozgás evolúciós formái revolúciós, ugrásszerűen változó formákkal váltakoznak, melynek során szakadatlanul új égitestek keletkeznek és pusztulnak.

4. A világmindenség önfejlődésének hajtóereje a minden dologban meglévő belső ellentmondásokon alapuló ellentétek harca.

A marxista dialektika tette képessé a csillagászatot annak felismerésére, hogy nem természetfeletti erők mozgatják a világmindenséget, hanem saját belső erői, amelyek magában a természetben, az örökké mozgó anyagban rejlenek.

Róka Gedeon

AZ ÉGITESTEK RÁDIÓFREKVENCIÁS SUGÁRZÁSA

Közismert dolog, hogy a földi légkör az elektromágneses hullámoknak csak bizonyos fajtáira, csak bizonyos hullámhosszakra átlátszó. Igen jól átlátszó például az úgynevezett vizuális sugarakra (4000Å-től 8000Å-ig) és ettől a hullámhossztartománytól fölfelé és lefelé egy darabig az észlelések színeképtartománya még elég jól kiterjeszthető. De például a rövid hullámhosszak irányában 2900Å alá már (a Föld felszínén) semmiképpen sem terjeszthető ki. Az ennél rövidebb hullámhosszakat a magaslégkör egyes rétegei teljesen elnyelik. A másik irányban, az infravörös felé szintén van határa az észlelhetőségnek, amelyet 140 000Å (= 14 mikron) körül elsősorban a vízgőz és széndioxid molekulák abszorpciója hoz létre. Ez az egész tartomány (2900Å—140 000Å-ig), amely szemünk érzékenységi tartományát is tartalmazza, alkotja a légkör úgynevezett „optikai ablakát”.

Igen nagy jelentőségű, hogy az utóbbi évtizedek során bebizonyosodott: a csillagászati észlelések nincsenek kizárólag erre az optikai ablakra korlátozva, hanem az elektromágneses hullámok skáláján találhatunk egy másik „ablakot” is. Ez a második tartomány a rádiófrekvenciák birodalmába esik. Kereken azt mondhatjuk, a néhány mm-estől 20—30 m-es hullámhosszakig. Amióta ebben a második frekvenciatartományban folynak észlelések, fokról fokra kialakult a csillagászatnak egy új ága, a *rádiócsillagászat*. Ez összegezi mindazon észleléseket és azok eredményeit, amelyek a légkörnek ezen a második, „rádióablakán” át történnek. A következőkben röviden áttekintjük azokat az eredményeket, amelyeket a rádiófrekvenciás sugárzások vizsgálatával az égitestek természetére vonatkozóan nyertünk.

Meg kell még említenünk, hogy a rádiócsillagászat tulajdonképpen két, módszertanilag is, jelentőségben is erősen különböző ágra oszlik. Az egyik foglalkozik *maguknak az égitesteknek rádiófrekvenciás sugárzásával*. Ebben az esetben a vizsgálat csupán megfelelő felvevőberendezést igényel. Az égitestek rádióvizsgálatának másik ága a *radar csillagászati alkal-*

mazása. Ebben az esetben közeli égitesteket rádiósugarakkal mintegy „megvilágítunk” és a visszavert hullámok észleléséből következtetünk az illető égitestek távolságára, mozgására, esetleg felszíni tulajdonságaira. Ilyen vizsgálatokat eddig a meteoron és a Holdon végeztek.

A rádiócsillagászatnak ez az utóbbi ága szintén igen fontos és érdekes eredményeket hozott. Ezidőszereint azonban a csillagászat tudományának állása, és a csillagászati világkép szempontjából határozottan nagyobb jelentősége van az égitestek saját rádiófrekvenciás sugárzására vonatkozó vizsgálatoknak. *Az alábbi beszámolóban éppen ezért csak erre a tárgykörre fogunk szorítkozni,* abban a reményben, hogy a rádiócsillagászat másik ágára, a radar csillagászati alkalmazásának kérdéseire még lesz alkalmunk a jövőben (talán a következő évkönyvben) visszatérni.

A következőkben, a rádiócsillagászat eredményeit áttekintve, először az észlelés technikájának néhány alapkérdéséről beszélünk. Ezután a különböző égitestek észlelésének eredményei következnek, mégpedig először, mint viszonylag kisebb jelentőségű kérdés, a Hold rádiófrekvenciás sugárzása, azután pedig a két főprobléma, a Nap és a Tejútrendszer rádiósugárzása. Előre kell bocsátanunk azt is, hogy bizonyos minimális ismeretet a fizika és a csillagászat köréből fel fogunk tételezni.

Mielőtt rátérnénk a vázolt program szerint tárgyunkra, néhány szót kell még szólnunk a kérdés *történetéről.*

Az első ilyen észlelések 1931 végén történtek. Nem is kifejezetten rádiócsillagászati észlelések voltak célként kitűzve. Az első, de már igen érdekes és figyelemreméltó eredmények egészen másirányú vizsgálatok melléktermékeként adódtak. *Jansky* vette észre, miközben a légköri elektromosság zavarainak egyes kérdéseivel foglalkozott, hogy bizonyos irányokból, a nap bizonyos órájában zaj keletkezik készülékében. Huzamosabb észleléssel kimutatta azt, hogy ennek a zajnak perldusa 23 óra 56 perc, tehát egy csillagnap, a Föld rotációs ideje. Ebből következett az, hogy a zaj forrása a Földön kívül fekszik, ezek a rádióhullámok a világűrben jutnak Földünkre. Sőt, *Jansky* azt is meg tudta állapítani, hogy a zaj maximális intenzitással nagyjából a Tejút legfeltűnőbb része felől érkezik. A Napról viszont nem tudott ilyenfajta rádiófrekvenciás sugárzást kimutatni.

Jansky eredményei valóban korszakalkotóak voltak, hiszen a Tejútrendszer rádiófrekvenciás sugárzására vonatkozó alapvető felfedezést tartalmazták. Annál sajnálatosabb, hogy a kérdés a legcsekélyebb figyelmet sem keltette és maga *Jansky*

sem foglalkozott vele tovább. Közel egy évtized telt el, amíg végre *Reber* visszatért a problémára. Ő *Jansky* észleléseit nemcsak megismételte, hanem tervszerűen és rendszeresen tovább fejlesztette és a Tejútrendszer rádiósugárzására vonatkozó néhány igen alapvető ismeretet szerzett. A második világháború folyamán aztán egy érdekes véletlen hírt adott a Nap rádiósugárzásáról is. A 40-es évek derekán végre nagy erővel megindultak a rendszeres kutatások számos országban és az első próbálkozások ösvényét ma már nagy technikai apparátus alkalmazásával a kutatásoknak valóságos országútvá. szélesítették.

Ez idő szerint már jelentős tényanyag gyűlt össze, de az egyes jelenségek értelmezésével kapcsolatban nagy a hiány kielégítő elméletekben. Ezért a következőkben is inkább a tényeket szeretnénk ismertetni és az elméleti magyarázatra a legtöbb helyen legfeljebb csak utalni fogunk. Annál is indokoltabb ez, mert a szükséges elmélet rendszerint az elméleti fizika és matematika aránylag elég nagy apparátusát követelné meg. Tekintettel kell lennünk arra is, hogy egy ilyen gyors fejlődésben levő tudományág állandóan újabb és újabb eredményeket és problémákat nyújt. Éppen ezért többnyire olyan kérdésekre szorítkozunk, ahol legalább a tényállás körvonalai már kibontakoztak, hogy lehetőleg elkerüljük egyes megállapítások túl gyors elavulását.

Néhány technikai kérdés

E tekintetben csak annyit, a legszükségesebbet, szándékozunk megbeszélni, amennyi a csillagászati eredmények megértéséhez nélkülözhetetlen.

Azok az elektromágneses hullámok, amelyeket közönségesen *rádióhullámoknak* neveznek, mint ismeretes, fizikai alaptérviszonyukat illetően megegyeznek a (látható) fény-, az ultraviolet-, a röntgen-, a gamma- stb. sugarakkal, csak a hullámhosszuk lényegesen nagyobb, frekvenciájuk kisebb.*

Minden test, minden hőmérsékleten kibocsát rádiófrekvenciás sugárzást is. A sugárzás intenzitását általánosságban az aránylag bonyolult Planck-féle képlet adja meg, ez azonban

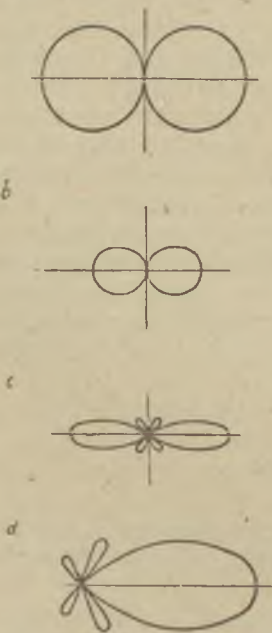
* Itt kell megjegyeznünk azt, hogy többnyire hullámhosszakot fogunk (méterekben) megadni és csak elvétve rezgésszámot, megahertzekben. 1 MHz másodpercenként 1 millió rezgést jelent. Az átszámítás egyszerű: rezgésszám MHz-ben \div 300/hullámhossz m-ben.

a rádiófrekvenciáknál igen jó megközelítéssel helyettesíthető a Rayleigh—Jeans-formulával:

$$I_v = C.T.v.^2$$

itt I_v jelenti az intenzitást v rezgésszám esetében, T az abszolút hőmérsékletet és C egy állandót.

Az égitestek rádiófrekvenciás sugárzásának felfogására szolgáló műszerek a *rádiótávcsövek*. Ezekben a különböző égitestekről érkező sugárzás, mint „zaj” jelentkezik, mely természetére nézve nem különbözik a készülékben mozgó elektronoktól eredő „termikus zajtól”. Ezért a rádiótávcsövek olyan felfogóberendezések, melyek nagy érzékenységek, tehát amelyekben a készülék saját zaja speciális módon a lehető legkisebbre van csökkentve, továbbá nagy irányítottságú antennával vannak ellátva. Az antennák irányítottságát az iránykarakterisztikával ábrázolhatjuk. Ez megadja, hogy az antenna a különböző irányokban milyen erősséggel sugároz, illetve milyen érzékenységgel képes a sugárzást venni. (Az ú. n. reciprocitás elve alapján ugyanis az antenna ugyanazokból az irányokból vesz érzékenyen, amelyekbe intenzíven sugároz.) Ilyen iránykarakterisztikákat mutat az 1. ábra.



1. Iránykarakterisztikák:

- a) Hertz-féle dipólus,
- b) félhullámhosszas dipólus,
- c) négy párhuzamos antenna, félhullámhossz távolságra,
- d) úgynevezett Yagi-antenna

A rádiótávcső antennájaként centiméteres és deciméteres hullámhosszon rendszerint nagyméretű parabolikus fémtükrök (vagy sűrű fémhálók) szolgálnak, ezeknek gyújtópontjában helyezük el a vevődipólust. Az ilyen műszerek tehát a közönséges „optikai” reflektoroknak pontos megfelelői. A méteres hullámhosszakra rendszerint más típusú antennákat használnak, bár ezeknek, szemben a parabolikus antennákkal, megvan az a hátrányuk, hogy csak egy bizonyos, a konstrukcióval rögzített hullámhosszra használhatók.

Ennyit nagyon is nagyjából a rádiótávcsövekről. Melyek mármint ezeknek a műszereknek az észlelés technikája szempontjából számunkra érdekes különleges tulajdonságai?

A rádiótávcsövek *érzékenysége* a hasonló „optikai” műszerekhez (szem + távcső, fényképlemez + távcső stb.) képest igen nagy. Aránylag nem is nagyméretű rádiótávcsövekkel minden nehézség nélkül kimutatható 10^{-10} erg/cm² sec sugárzás, ami megfelel a 22-ed rendű csillagok fényintenzitásának. Pedig ezeknek fotografikus észlelésére a ma létező legnagyobb távcsőre van szükség!

Ezzel szemben az észlelt sugárzás erőssége, abszolút egységekben csak aránylag nehezen és kis pontossággal adható meg, így a különböző hullámhosszakon végzett intenzitás-mérések nem könnyen hasonlíthatók össze. Ez például azt jelenti, hogy míg egy megadott hullámhosszon az intenzitás eloszlását az égbolton aránylag könnyen tanulmányozhatjuk (mondjuk a Tejút sugárzásának eloszlását), a sugárzás egy forrásának „színképét” viszont, tehát az intenzitásnak a különböző hullámhosszokra való eloszlását már sokkal nehezebb vizsgálni.

Igen nagy további problémát jelent a rádiócsillagászatban az, hogy a használt hullámhosszak a (vizuális) fény hullámhosszánál 5—7 nagyságrenddel nagyobbak, ami azzal a következménnyel jár, hogy a *feloldóképesség* szempontjából a rádióteleszkópok összehasonlíthatatlanul rosszabbak, mint a közönséges távcsövek. Parabolikus antenna esetén a feloldóképességet

az $\alpha = \frac{70 \lambda}{d}$ képlet adja meg, itt λ a hullámhossz, d a távcső

átmérője (mindkettő méterekben), α pedig a még éppen szétválasztható két forrás távolsága (fokokban). Tehát pl. egy 5 méteres tükör, 25 cm-es hullámhosszon észlelve, még szét tud választani 3,5°-os távolságban lévő forrásokat. Ugyanakkor azonban egy hasonló méretű reflektor, közönséges fényképlemezt használva, elvben (a légkör zavaró hatását nem tekintve) szét tud választani még 0,023" távolságban lévő objektumokat is.

Az egyéb, nem parabolikus antennával felszerelt rádiótávcsöveknél a feloldóképesség majdnem ugyanez.

Ennek a jelentős hátrálynak legalább részleges kiküszöbölése igen nagy jelentőségű volt. *Ryle* és *Vonberg* 1946-ban sikerrel alkalmazta ezen célból rádióészleléseknél a Michelson-féle csillag-interferométernek megfelelő berendezést. *Fontossága miatt erről a kérdésről bővebben kell beszélnünk.*

A Michelson-féle csillag-interferométer az *optikai hullámhosszokra* már néhány évtizede használatos készülék, kettős csillagok szögtávolságának, vagy csillagok látszó átmérőjének meghatározására szolgál.

Ennek a berendezésnek lényege a következő.

A távcső objektívjét két keskeny rés, vagy két kis, köralakú

terület kivételével letakarjuk. Ez a két rés az objektív előtt mozgathatóan helyezkedik el, távolságuk változtatható. Nézzük először a műszer működésének elvét kettőscsillagokra. Ebben az esetben mindkét csillag fényét megosztják a rések és az egyazon fényforrásból eredő sugarak a gyújtósíkban egy-egy interferencia csíkrendszert, világos és sötét csíkoknak egy sorozatát hozzák létre. A két csíkrendszer egymástól független és (∇ -val jelölt) távolságukat, pontosabban a megfelelő csíkok távolságát a következő képlet fejezi ki:

$\Delta = f \cdot \alpha$, itt f a távcső gyújtótávolsága, α pedig a kettős csillag mérendő szögtávolsága.

Egyazon csíkrendszeren belül pedig a világos és sötét csíkok egymástól mért δ távolságát a következő képlet adja meg:

$\delta = \frac{f}{2} \cdot \frac{\lambda}{D}$, itt λ a hullámhossz, D pedig a rések távolsága egymástól.

Maga a mérés a következőképpen történik: addig változtatjuk a két rés távolságát, amíg a fókuszsíkban a két csíkrendszer távolsága éppen egyenlő lesz a világos és sötét csíkok távolságával egyazon csíkrendszerben. Ebben az esetben az egyik csíkrendszer világos sávjai éppen egybe esnek a másik csíkrendszer sötét sávjaival és megfordítva. Ha a két fényforrás egyforma fényességű, akkor ebben a pillanatban az interferencia-rendszer eltűnik, ha pedig különböző fényességűek, akkor a csíkrendszerek láthatósága minimumra csökken. Ha az ennek az állapotnak megfelelő réstávolságot D_0 -al jelöljük, akkor a fenti két képlet összehasonlításából láthatjuk, hogy a mérendő szögtávolságot az alábbi formula fejezi ki:

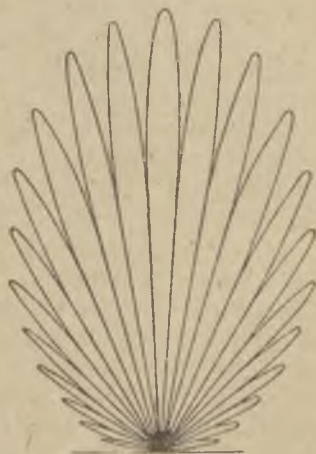
$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{\lambda}{D_0}$$

Ha csak egyetlen csillagról van szó, akkor ez az eljárás hozzásegít bennünket a csillag átmérőjének meghatározásához. Kimutatható ugyanis, hogy egyetlen csillagról is kapunk ilyen csíkrendszert és amennyiben a csíkrendszer eltűnése a D_0 réstávolságnak felel meg, akkor a csillagkorong átmérője $= 1,22 \frac{\lambda}{D_0}$, ha a korongot egyenletesen fényesnek vesszük, és $1,43 \frac{\lambda}{D_0}$, ha olyan peremsötétéddel számolunk, mint a Napnál van.

A Michelson-interferométernek megfelelő rádiócsillagászati műszer felhasználása kettős: egyrészt el lehet vele különíteni

aránylag kis területű forrásból eredő sugárzást kiterjedt háttér erős sugárzásától, másrészt a feloldó képességet egynéhány ívpercre lehet javítani, ami pedig igen jelentős nyereség.

A berendezés működését nagyjából a következőkben vázoljuk. Két antenna-rendszert használnak (ezek felelnek meg az iménti réseknek), távolságuk a hullámhossznak többszöröse (tízszere-se-százszorosa). A két antennarendszert egyetlen közös vevőberendezéshez kapcsolják. Ebben az esetben az egész rendszer iránykarakterisztikája olyan lesz, mint amit a 2. ábra mutat. E különös iránykarakterisztika az irányok bizonyos sorozatából mutat maximális érzékenységet, a közöttük fekvő irányokra zérus-érzékenységu minimum mutatkozik. Ilyen módon az egész iránykarakterisztika mintegy „nyalábokból” tevődik össze. Az ábra a viszonyokat minden leírásnál világosabban mutatja. (Ez esetben az antennák távolsága a hullámhossz tízszere-se, minimumtól minimumig az iránykarakterisztikában a távolság mintegy 6° .)



2. Iránykarakterisztika RYLE-VONBERG módszerrel, két antennarendszer esetén, távolságuk a hullámhossz tízszere-se

Ha mármost egy olyan sugárzási forrás (mondjuk a Nap), melynek átmérője kicsiny ehhez a (példánkban 6° -nak vett) „minimum-szeparációhoz” képest, az égbolt látszó forgása következtében átvonul az antennák vételirányán, (tehát ezen az interferencia-rendszeren), a mért intenzitás periódikusan változni fog egy (gyakorlatilag zérus) minimumtól egy olyan maximumig, mely kétszerese annak az intenzitásnak, amit egyetlen antenna mutatna. Ezzel szemben gyakorlatilag állandónak mutatkozik egy olyan forrásnak az intenzitása, mely ehhez a 6° -os szeparációhoz képest nagy kiterjedésű (mondjuk a galaktikus háttér). Ilyen módon végeredményben el lehet különíteni az összsugárzásból (a létrehozott periódikus változás révén) a kis objektum sugárzását még akkor is, ha a mért összsugárzás nagy része a kiterjedt háttérre jut. Egyetlen antennával ilyenkor a kis objektumot általában nem észlelhetnénk, mert sugárzása beleveszne a háttér erős sugárzásába. Ez az eljárás igen nagyjelentőségű például a később tárgyalásra kerülő „rádiocsillagok” megkeresése szempontjából.

Ez az interferencia-módszer egyik alkalmazása. A szögátmérő méréséhez viszont az antennák távolságát változtatni (növelni) kell. Ekkor az ábrán feltüntetett iránykarakterisztika egyes „nyalábjainál” a minimumok szögtávolsága egyre csökken. Amikor pedig ez a szögtávolság összemérhető lesz a forrás mérendő szögátmérőjével, a minimális intenzitás az interferencia-rendszerben már nem lesz zérus, két szomszédos nyaláb mintegy összeolvad, összenő. Az intenzitások maximum/minimum arányából ekkor a szögátmérő megállapítható.

Ennek a módszernek egy sajátos változatát is használják, leginkább az Ausztráliában dolgozó kutatók. Ekkor csak egy antennarendszer van, melyet kiterjedt víztükör pereme fölé állítanak, tehát tenger vagy nagyobb tó partján lévő dombra. Az antenna vételiránya ilyenkor vízszintes. Az interferencia most az antennára direkt érkező és a víztükréről visszaverődő sugarak között jön létre.

Érdekes módszert javasoltak két közeli forrás elkülönítésére *Hetmancev* és *Ginzburg* szovjet kutatók. Amikor a Hold egy fényforrást (például egy csillagot) vagy rádiósugárzó forrást elfed, akkor a Hold vetette „árnyék” határa tulajdonképpen nem éles, hanem az árnyék a holdkorong peremén fellépő fényelhajlás miatt világos és sötét sávokból álló kerettel van határolva. Ennek a sávrendszernek első, „legerősebb” sávja mondjuk 3 m-es hullámhossz mellett mintegy 30 km vastag a Föld felszínén. Ha két forrásunk van, akkor két ilyen csikrendszer keletkezik, és a két forrás szétválasztható, ha a csikrendszerek közötti távolság nagyobb, mint az első, „legerősebb” sáv vastagsága. Ebben az esetben ugyanis az intenzitás változásaiban még jól kivehető ez a két maximum (különben nyilván egybeolvadnak). A mondott 3 m-es hullámhosszon ez 20"-es, igen jó feloldóképességnek felel meg.

Technikailag az eljárás azt követeli meg, hogy az antennával mért intenzitást regisztráljuk és ezáltal megállapítsuk azt, hogy mikor vonul át a Hold árnyékát szegélyező elhajlási csikrendszer, (két forrás esetén a két csikrendszer) a Hold mozgása következtében a megfigyelőhelyen. Mivel az árnyék átvonulásának sebessége átlagban 1 km/sec, és a mutatózó intenzitásingadozás 10–15%-os, ez egyáltalán nem jelent megoldhatatlan technikai nehézséget.

Hátránya ennek a *Hetmancev*—*Ginzburg* módszernek, hogy csak az éggömb egy sávjában használható, amelyen a Hold mozgása során átvonul. Meg kell még jegyeznünk azt is, hogy ez a módszer (hasonlóan az interferometrikushoz) szintén egy optikai eljárás analogonja: a csillagfedések alkalmával természetesen

szintén létrejön egy ilyen diffrakciós csikrendszer, csak hogy itt a maximális csikvastagság mindössze néhány méter (a használt hullámhossz sokkal rövidebb). Ezt is megpróbálták regisztrálni és ilyen módon tettek néhány — meglehetősen eredménytelen — kísérletet a csillagok átmérőjének meghatározására.

(Aki már megfigyelte csillagnak a Hold által való elfedését, esetleg azt vetheti ellen, hogy ilyen fényesség-ingadozást nem látott, a csillag egyszerre, „pillanat alatt” tűnt el. Csak hogy, mint láttuk a szóbanforgó diffrakciós sávrendszer az optikai hullámhosszakon már igen keskeny, átvonulásának ideje igen rövid, $\frac{1}{100}$ másodperc körül van, nyilván szemmel nem követhető.)

Ezzel a kérdéssel, a távcső feloldóképességének növelésével valamivel részletesebben foglalkoztunk, miután ezek a szellemes eljárások jelentik megfigyelési alapját ez idő szerint a rádiócsillagászat talán legfontosabb részletvizsgálatainak. Most pedig térjünk rá az egyes vizsgálatok főbb eredményeire.

A Hold rádiófrekvenciás sugárzása és hőmérsékletének meghatározása

A Hold hőmérsékletének meghatározására régebben termoszlopot (egy fajta igen érzékeny hőmérőt) használtak, amelyet nagy távcsövek fókuszában helyeztek el. Megfelelő berendezés segítségével elkülönítették a Hold sugárzásából a Nap visszavert fényét és így magának a Holdnak sugárzását mérték (az infravörösben). Ezen az úton azt kapták, hogy a telihold hőmérséklete körülbelül 390°K , az újholdé pedig 120°K körül van. (A K a Kelvin-fok, az abszolút hőmérséklet jele.) Ezeket a méréseket most már a rádiófrekvenciás tartományban végzett vizsgálatokkal is ki lehet egészíteni.

A számítások ugyanis azt mutatták, hogy a Hold hőmérsékleti sugárzása az 1—2 cm-es hullámhosszon (300° körüli abszolút hőmérsékletet feltételezve) elég intenzív ahhoz, hogy megfelelő érzékenyséű készülékekkel ki lehessen mutatni. Ilyen méréseket először 1946-ban végeztek el sikerrel, azóta többször megismételték. Mivel a használt hullámhossz eléggé rövid, 1,25 cm, ha elegendő nagy antennát használunk, megfelelő irányérzékenyséű berendezést kapunk ahhoz, hogy még különböző pontokon is vizsgálhassuk a holdfelszín hőmérsékletét. Emellett az érzékenység lényegesen nagyobb, mint az infravörös méréseknél (8° hőmérsékletváltozásra már reagál a berendezés).

A mérések eredményei igen meglepő és érdekes módon kü-

lönböznek a termooszloppal végzett mérésekétől. Elsősorban a hőmérsékletingadozás amplitudója ezen a hullámhosszon sokkal kisebbnek adódott, lényegesen kevesebbnek, mint 100° . Azonkívül a maximális (és minimális) hőmérséklet eltolódást mutatott, éspedig 4—5 nappal később lépett föl a rádiófrekvenciás hullámhosszakon.

Ezt az eredményt a következőképpen lehet, legalább kvalitatív módon értelmezni. A Hold felszínét talán néhány centiméter vastag laza porréteg borítja — valószínűleg a Holdra becsapódó meteorok törmelékei. Ez a felszín az infravörös sugarakra igen kevésbé átlátszó, ennek következtében a termo-oszloppal végzett mérések jól mutatják a felszín nagy hőmérsékletingadozásait és a hőmérsékletgörbe maximumának pontos egybeesését a holdtölte idejével. A rádiófrekvenciás sugárzás azonban a felszín legkülső rétegein áthaladhat és így a centiméteres hullámhosszakon nem közvetlenül a felszín sugárzását mérjük, hanem a felszín alatt mintegy 20—50 cm-rel elhelyezkedő rétegek hőmérsékletét. Ezek a rétegek viszont a felszín rossz hővezetőképessége miatt kevésbé vannak kitéve a hőmérsékletingadozásnak, mint maga a felszín és minthogy feltételezhetően számottevő hőkapacitásuk van, a Nap besugárzott hőjét elraktározzák és hőmérséklet maximumuk csak megkésve, a holdtölte után néhány nappal következik be.

A Hold rádióészlelése még egy említésreméltó eredményt adott: rendkívül érzékeny, speciálisan épített felfogóberendezés segítségével francia kutatóknak 1949-ben sikerült kimutatni (158 MHz frekvencián) a Nap rádiósugárzásának azt a nagyon csekély intenzitást jelentő töredékét, ami nem közvetlenül, hanem a Holdról visszaverődve jut el hozzánk.

A Nap rádiófrekvenciás sugárzása

A Nap rádiósugárzását ma már a kereken 8 millimétertől 7 méterig terjedő hullámhossztartományban számos helyen, rendszeresen vizsgálják. Sokáig azonban az ilyen irányú kísérletek nem voltak eredményesek. Csak 1942-ben, illetve 1943-ban tudta *Southworth*, illetve *Reber* kimutatni a Napról jövő mikrohullámokat. De még ezt megelőzően, 1942 februárjában egy véletlenszerű meglepő körülmény ráirányította a Nap rádiósugárzására a figyelmet.

Ebben az időben az Angliában felállított radarkészülékek, amelyek német repülőgépek érkezését voltak hivatva jelezni, rendkívül erős zajt jeleztek a négy-hat méteres hullámhossza-

kon, mely a távolfekvő állomásokon egyidőben jelentkezett. Kezdetben komoly volt az aggodalom, hogy talán a németeknek valami újfajta tevékenységéről van szó, amellyel a rádiólokációt akarják zavarni. Az esemény körülményeit *Hey* vizsgálta meg, hivatalos megbízásból. A készülékek irányának összevetéséből arra az eredményre jutott, hogy az erős zaj nem földi eredetű, hanem minden bizonnyal a Naptól eredt. Jelentését azonban a háborúra való tekintettel természetesen titokban tartották. Számottevő vizsgálatok csak 1946-ban indultak meg, eleinte a naptevékenység állandó fokozódása közben. Ez szerencsés körülmény volt abból a szempontból, hogy a Nap sugárzásának különböző, a naptevékenységgel összefüggő tulajdonságai elég gyorsan jelentkeztek.

A Nap rádiósugárzását nagyjából három „komponensre” bonthatjuk.

1. Az úgynevezett „stacionárius” sugárzás, a „zavartalan” Napnak mintegy alapsugárzása. Ez meglehetősen változatlansággal érkezik, jórészt függetlenül a naptevékenység fokától. Erre a stacionárius sugárzásra szuperponálódik, ehhez járul a Nap rádiósugárzásának másik két fajtája, amelyek a legnagyobb mértékben összefüggnek a naptevékenységgel: 2. a folsugárzás és 3. az úgynevezett „eruptív” sugárzás.

A Nap stacionárius rádiósugárzása

A stacionárius sugárzás okát ma már meglehetősen jól ismerjük. Általánosan elfogadott az a nézet, amelyet elsőnek *Ginzburg* szovjet kutató fejtett ki 1946-ban. Eszerint a stacionárius sugárzás forrása a napkorona elektronjainak *termikus „szabad-szabad átmeneteiben”* keresendő. Vizsgáljuk még valamivel közelebbről ennek a sugárzásnak mechanizmusát.

A magas hőmérsékletű napkoronában és a kromoszférában igen magas az ionizáció foka is, a szabad elektronok száma nagy. Ezek a szabad elektronok különösen a napkoronában mozognak nagy sebességgel. Az egyes elektronok közepes kinetikus energiája, mint ismeretes, 1 000 000 fok hőmérsékletnek felelhet meg. Ha egy elektron egy protonnak vagy más magnak az erőterébe kerül, akkor mintegy lefékeződhet, mozgásának iránya és sebessége megváltozhat. A mozgási energia csökkenésének pedig bizonyos energiamennyiség *kisugárzása* felel meg. (Van ilyenfajta abszorpció is, ekkor az elektron mozgási energiája megnő.) Ezeket a folyamatokat nevezik „szabad-szabad átmenetek”-nek. Az elnevezés arra utal, hogy az elektron a folyamat során nem

lép be atomkötelékbe, hanem „szabad” marad. Mivel a sugárzás most az elektron mozgási energiájának rovasára történik, ez pedig nem kvantált, tehát a kisugárzott energia úgynevezett folytonos sugárzás lesz, azaz nem lesz bizonyos hullámhosszakhoz kötve.

A sugárzás intenzitását természetesen a sugárzó anyag, tehát a napkorona, illetve a kromoszféra hőmérséklete szabja meg. Csakhogy itt nem szabad szem elől tévesztenünk *Kirchhoff törvényét*, amely a hőmérsékleti sugárzásra vonatkozik, és azt mondja ki, hogy egy adott hőmérsékletű test valamilyen hullámhosszú sugárzásból annál többet képes kisugározni, minél többet tud elnyelni belőle. Az arányossági tényező 1 az úgynevezett „fekete testre”, különben 1-nél mindig kisebb. Az, hogy a korona milyen rezgésszámú sugarakat bocsát ki, illetve nyel el, attól függ, milyen a korona anyagának *elektronsűrűsége*. Az adott elektronsűrűség mellett például a napkorona a „közönséges” vizuális sugarakra igen nagy mértékben átlátszó, ezért tudjuk minden speciális berendezés nélkül vizsgálni közvetlenül a Nap fotoszféráját. Ebből azonban az is következik, hogy a korona ugyanezekben a hullámhosszakon igen kevés sugárzást bocsát ki, így a korona a vizuális színeképtartományban igen halvány.

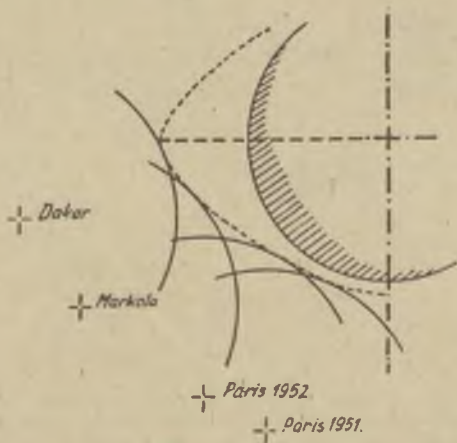
Más a helyzet a rádiófrekvenciás sugárzásnál. Ezekre a napkorona igen kevésbé átlátszó. Tehát abszorpció-képessége nagyobb, jobban megközelíti a fekete testet. Ez pedig azt jelenti, hogy az adott magas hőmérsékleten sugárzása a rádiófrekvenciás tartományban erős, lényegesen erősebb, mint a vizuálisban.

A napkorona áteresztő képessége a napfelszíntől való távolság szerint változik. A hullámhossz csökkenésével a napkorona az egyes sugárzásokra egyre inkább átlátszó lesz. Tehát minél rövidebb hullámhosszakokat alkalmazunk, annál közelebb tudunk férközni a rádiófrekvenciákhoz a Nap fotoszférájához. Mivel azonban a hőmérséklet a koronában a fotoszféra felé haladva csökken, a sugárzás mért intenzitása is csökken. Így a leghosszabb használt hullámhossz (6,7 méter) mellett az intenzitás 2 millió fok hőmérsékletnek felel meg, míg a 8,5 mm-es hullámhosszra a megfelelő hőmérséklet mindössze 6700 fok.

Érdekessége ezeknek a rádiófrekvenciás észleléseknek, hogy a Nap fényképekről jólismert, úgynevezett peremsötétedését a számítások szerint az 1 m-nél rövidebb hullámhosszon nem mutathatnák, sőt helyette „peremfényesedésnek” kellene mutatkoznia. Ennek magyarázata az, hogy a Nap pereméről hozzánk érkező rádiófrekvenciás sugarak hosszabb utat tesznek meg a koronában, ilyen módon az abszorpció-képesség mintegy meg-

növekedik, a korona ezekre a sugarakra nézve jobban megközelíti a fekete test állapotát. Végeredményben Kirchhoff törvénye szerint nagyobb intenzitást kellene észlelnünk a peremen az emisszióban is. Csakhogy a 60 cm-es hullámhosszakra a megfigyelések — a számításokkal ellentétben — peremsötétedést mutatnak! Ámbár *Christiansen* újabb mérései 21 cm-es hullámhosszon mutatnak peremfényesedést, nyilvánvaló, hogy ezek a kérdések (az elmélet oldaláról) még távolról sem tekinthetők lezártaknak.

Figyelemreméltó eredményt kaptak *Steinberg* és munkatársai, 1951-es és 1952-es fogytározásokat különböző, távoli állomá-

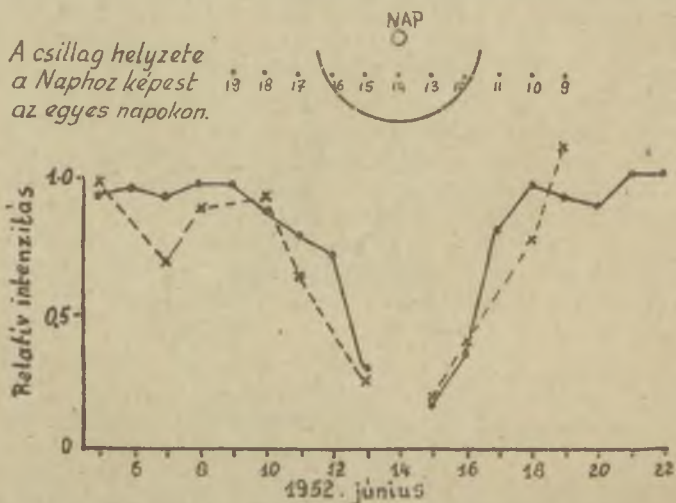


3. A „rádió-Nap” elliptikus alakja az 1951 szeptember 3-i és 1952 február 25-i fogytározások nagy távolságból való észlelése alapján: Az ábra a Hold látszó helyzetét tünteti fel abban a pillanatban, amikor a rádiófényesség csökkenése megkezdődött

sokról észlelve (az 1,9 m-es hullámhosszon). A 3. ábrán a holdkorong látszó helyzetei vannak feltüntetve (a Naphoz képest), abban az időpontban, amikor a rádiófogyatkozás megkezdődött. Amint láthatjuk, ez határozottan arra mutat, hogy a „rádió-Nap” nem gömbszimmetrikus, hanem inkább ellipszoid alakú, sarkainál mintegy „belapult”. Ez az eredmény jó összhangban van azzal a közismert tapasztalattal, hogy a minimumtípusú korona hasonló eltérést mutat a gömbszimmetriától. (A naptevékenységi minimum éve valószínűleg 1953 volt!)

Mint nem érdektelen körülményt meg lehet említeni még azt, hogy a Nap minden év június közepe tájékán elfedi az egyik galaktikus rádióforrást. Ekkor a napkorona legkülső részei okkultálják a Taurus csillagkép azon rádióforrását, amelyiket úgy látszik véglegesen, azonosítottak a nevezetes Rák-köddel. Várni

lehetett, hogy ez alkalommal a Taurus-forrás sugárzása lecsökken és a lecsökkenés módjának tanulmányozása felvilágosítással szolgál a napkorona kiterjedésére és szerkezetére vonatkozóan. Sajnos, a sugárzás észlelése nem egyszerű feladat, mert el kell különíteni a galaktikus forrás sugárzását a Nap sugárzásától. Ezért az észlelések eddig csak 1952 júniusában hoztak érdemleges eredményt, ez alkalommal a sugárzás csökkenése a vártnál jóval előbb következett be. Az előzetes megfontolások ugyanis arra utaltak, hogy a fedés kezdete akkor várható, ami-



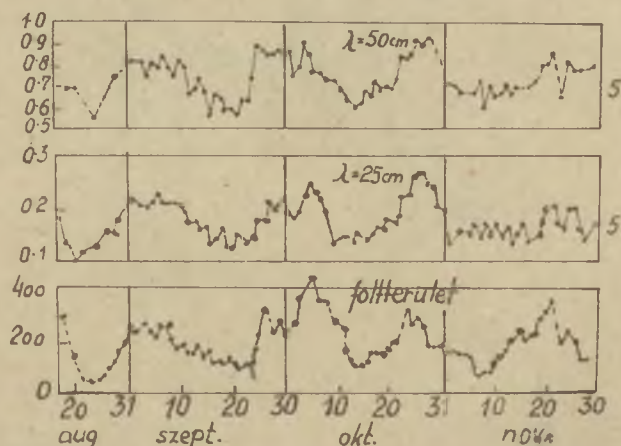
4. A Taurus-forrás (Rák-köd) Nap-okozta fogyatkozása.
Hullámbosszák 3.7 m (kibúvva) és 7.9 m (szaggatottan).

kor a Taurus-forrást a Nap 5 naprádiusznyi távolságra megközelelti. A valóságban azonban a fedés és így a sugárzáscsökkenés már akkor megkezdődött, amikor a Rák-köd még 10 naprádiusz távolságban volt a Naptól!

A Nap foltsgárzása

A foltsgárzás lényegesen különböző tulajdonságokat mutat, mint a Nap stacionárius sugárzása. Igen jól követi a naptevékenységet, ezért már kezdettől fogva felmerült annak a gondolata, hogy ez a stacionárius sugárzáshoz járuló változó komponens összefüggésben van a Nap tevékenységének a foltokkal mintegy jelzett aktív területeivel. Valóban ezt sikerült is kimu-

tatni, Ryle és Vonberg interferometrikus módszerével. Ennek segítségével meg lehetett állapítani azt, hogy azok a területek, amelyekről a folt sugárzás érkezik, 10 ívpercnél kisebb átmérőjűek és nagyjából a Nap aktív területein, például nagy folt csoportok körül helyezkednek el. Egy másik bizonyítékot erre a rövidhullámhosszú (centiméteres) folt sugárzás erőssége és a napfoltokkal fedett területek nagysága közötti igen jó összefüggés szolgáltat, amint azt az 5. ábra feltünteti. Ebben az esetben tehát tulajdonképpen a naptevékenységnek egy új indexével állunk szemben. Ez az index nyilván inkább „fizikai”, mint az eddigiek



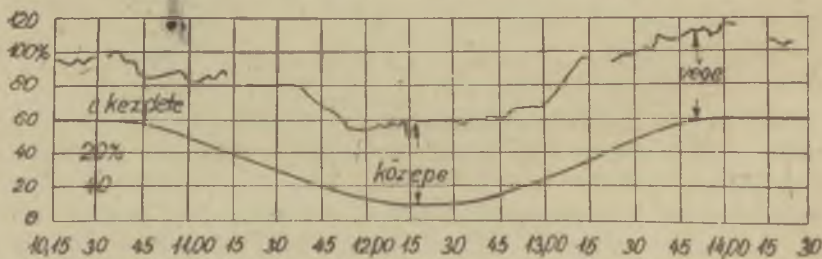
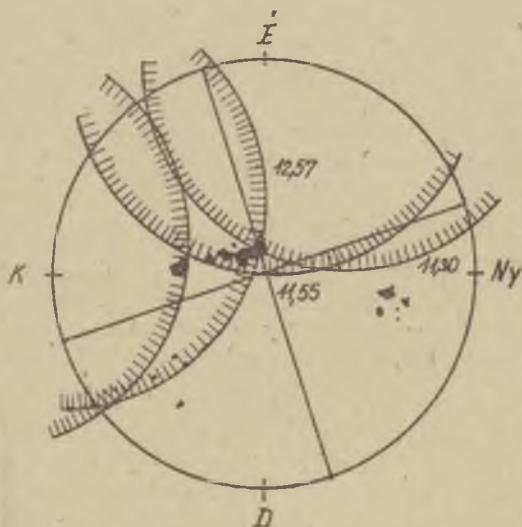
5. Összefüggés a foltterület és a folt sugárzás intenzitása között

(különösen a napfolt-relatívszámok). Előnyös azonkívül az is, hogy a Nap sugárzását borult ég mellett, sőt akár esőben is megfigyelhetjük.

A legdöntőbb bizonyítékot abban a tekintetben, hogy a folt sugárzás valóban a foltokból vagy legalább is a foltok környékéről, tehát a Nap aktív területeiről indul ki, a fogyatkozások alkalmával végzett észlelések szolgáltatták. Ilyen alkalmakkor megfigyelték azt, hogy a folt sugárzás intenzitása pontosan akkor csökkent, illetve növekedett, amikor a Hold nagy napfolt csoportot fedett el, illetve a napfolt csoportról „lelépett”. Beszédesen mutatja a viszonyokat a 6. ábra. (1946 nov. 23, Covington.)

Még pontosabbá tehető ez a lokalizáció akkor, hogyha két vagy három különböző, elegendő nagy távolságban lévő helyről egyidőben észleljük a napfogyatkozást. Ilyenkor az egyes megfigyelő helyekről a közeli Hold a Nap korongjához képest némileg eltérő helyzetben látszik. A rádiófényesség hirtelen lecsökke-

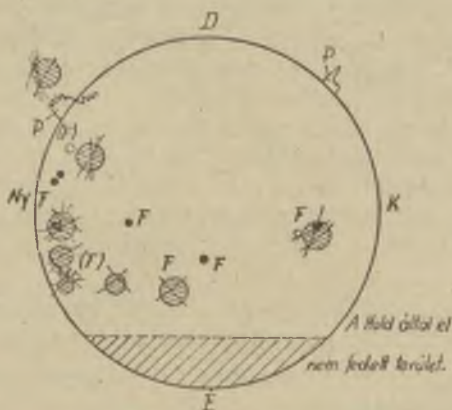
nései alkalmával felrajzolva a holdperem látszó helyzetét (a napkoronghoz képest) a metszéspontok kijelölik az éppen elfedett forrás helyét. A 7. ábra Christiansen-nek és munkatársai-



6. Részleges fogyatkozás vizsgálata, egy állomásról. Az ábra a holdkorong egyes helyzeteit mutatja, alul a két diagram pedig a rádiósugárzás intenzitását (felső görbe) és a napkorong eltakart részének nagyságát (alsó görbe). Hullámhossz: $10 \cdot 7$ cm

nak az 1948 november 1-i, Ausztráliából részlegesként észlelhető fogyatkozás alkalmával kapott eredményeit tünteti fel. (Az észlelések 50 cm-es hullámhosszon történtek.) Szembeötlő az összefüggés a Nap „vizuálisan” aktív vidékei és folsugárzás forrásai között.

Rátérve a részletekre, megállapíthatjuk azt, hogy a folt-sugárzás tulajdonképpen két komponensből, két elég különbözőképpen viselkedő részből tevődik össze, éspedig az úgynevezett rövidhullámhosszú, centiméteres vagy deciméteres folt-sugárzásból (a hullámhossz kisebb 60 cm-nél) és a hosszúhullámú, tehát méteres folt-sugárzásból. Van okunk annak feltételezésére, hogy a két különböző sugárzástípus létrehozó mechanizmus is gyökeresen eltérő.



áll. Keletkezésének magyarázatára a legbiztosabb *Waldmeier* elmélete. *Waldmeier* szerint a rövidhullámhosszú folt sugárzás a korona bizonyos „kondenzációiból” ered, ahol is (a foltmezők fölött) az elektronok sűrűsége a normálisnál jóval nagyobb. A nagyobb elektronsűrűség miatt a folt fölötti területek fokozottan, vagy teljesen átlátszatlanok a rádióhullámok számára. Ebből Kirchhoff törvénye értelmében az következik, hogy sugárzásuk megfelel a korona magasabb hőmérsékletének, tehát igen intenzív.

tozik, amikor a forrás gyanánt feltételezhető aktív terület áthalad a Nap Földünk felé mutató középmeridiánján.

Ennek a sugárzásfajtának eredete nem ismert. Polarizációjának természete mindenestre arra mutat, hogy mágneses tereknek, talán a foltok mágneses terének jelentős szerepe van képződésénél. Nemrégiben *Hari Sen* részletesebben kidolgozott egy elméletet, amely szerint ez a sugárzás úgynevezett plazma-oszcillációktól eredne. Ezt a gondolatot különben *Sklovszkij*, illetőleg *Martyn* már régebben (1946-ban) felvetették. A „plazma” olyan kifelé elektromosan semleges gáz, amelyben nagyszámú töltött részecske foglal helyet, tehát például teljesen ionizált hidrogéngáz plazmát alkothat. A különböző töltésű részecskék mozgása a plazmában igen bonyolult. *Sen* és mások elgondolása szerint a napfoltok mágneses tere körmozgást idéz elő a plazmában és olyan módon gyorsítja a részecskéket, mint ahogyan például egy ciklotron működik, ezt pedig erős rádiófrekvenciás sugárzás kíséri. Az elmélet a megfigyelt tényekkel legalább nagyjában összhangban van, azonban a kérdés még végeredményben nem tekinthető elintézettnek. (Hasonló megfontolások alkalmazhatók — talán még inkább — az eruptív sugárzásra.)

Végezetül még tekintsük át — mintegy példaképpen — két nevezetes fogvatkozás vizsgálatának eredményeit.

Az 1947 május 20-i fogvatkozás, melynek teljességi zónája keresztülvonult Brazílián, érdekes adalékkal gazdagította a rádiócsillagászat eredményeit. Erre a fogvatkozásra *Mihajlov* vezetése mellett tekintélyes létszámú, 25 főből álló, szovjet expedíciót is kiküldtek, amelynek főfeladata éppen rádióészlelések végrehajtása volt. A szovjet expedíció egy része a délamerikai szárazföldről, más része a Dél-Atlanti-óceánról, a „Gribojedov” fedélzetéről észlelt. A fogvatkozás idejében az időjárás rendkívül kedvezőtlen volt és a „klasszikus” észleléseket majdnem mind megghiúsította. A rádióészlelések azonban zavartalanul lefolyhattak és — egyebek között — azt az eredményt adták, hogy a teljes fogvatkozás idején is, a Napról érkező rádiósugárzás intenzitása a fogvatkozáson kívüli intenzitásnak mintegy a fele. Ez is mutatja, hogy a Nap rádiósugárzásának tekintélyes hányada a koronából és a kromoszférából ered. Érdekes az a megfigyelés is, amit a sugárzás forrásainak közelebbi lokalizációjával kapcsolatban végeztek. *Hajkin* és *Csikacsev* azt találta, hogy jó összefüggés van a 150 cm-es hullámhosszon észlelt rádiófogvatkozás, valamint a protuberanciák és a fényes hidrogénflokuluszok fogvatkozása között. Ez az észlelés arra utal, hogy a kromoszféra jelenléteinek nagy szerepe lehet a Nap sugárzásában, és hogy a foltok

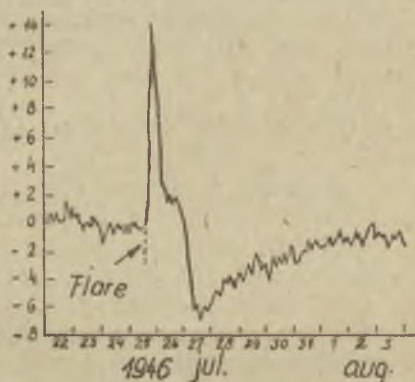
sugárzása nem tulajdonképpen a foltokkal, hanem általában az aktív vidékekkel áll kapcsolatban.

Hasonló természetű eredményt kapott 1949 április 28-án a francia kutatók egy csoportja. Ez alkalommal a részleges fogyatkozást figyelték meg rádiótávcsövekkel Párizsban, az Institut d'Astrophysique, a meudoni obszervatórium és az École Normale Supérieure közös vállalkozása során. *Laffineur* és munkatársai azt az eredményt kapták, hogy a sugárzás tekintélyes része (a deciméteres hullámhosszakon) a fáklyamezőkről indul ki. Tekintettel arra, hogy a Nap aktív vidékeit a fáklyamezők igen jól kijelölik, ez az eredmény jó összhangban van a naptevékenység és a deciméteres folt-sugárzás már ismertetett kitűnő összefüggésével. Maguk a szerzők megjegyzik azonban, hogy az egész vizsgálat az észlelhetőség határán volt, és további vizsgálatok nélkül az eredmények csupán előzeteseknek tekinthetők.

A Nap eruptív sugárzása

Külön csoportot alkotnak a Napról érkező rádióhullámok között az úgynevezett eruptív sugárzás hullámai. Ennek jellemzője az intenzitás rendkívüli megnövekedése, nagyon rövid idő alatt. Az eruptív sugárzások tartama esetleg csak néhány másodperc, többnyire egy órányi nagyságrendű. A legintenzívebb eruptív sugárzások rendszerint kapcsolatban vannak a kromoszféra kitöréseivel, az úgynevezett flarekkel (erupciókkal). A mechanizmus magyarázatát illetően ez idő szerint semmi véglegeset nem mondhatunk. Igen tanulságos azonban az energiaviszonyok szempontjából például az a nagy eruptív sugárzásmegnövekedés, ami 1946 július 25-én következett be. Ebben az időben a Nap közepe táján tartózkodott egy rendkívüli kiterjedésű, igen aktív foltcsoport. A rádiósugárzás megnövekedésének rövid ideje alatt egy eruptió is felbukkant a foltcsoportban. Bizonyos, hogy a két jelenség között szoros összefüggés volt. Igen rövid idő alatt a Nap sugárzása kereken a stacionárius sugárzás 500 000-szeresére nőtt. Ha tekintetbe vesszük azonban, hogy a forrásként feltételezhető eruptió mindössze $\frac{1}{800}$ részét tette ki a Nap felszínének akkor azt kapjuk, hogy a megnövekedett sugárzás a stacionárius sugárzást 400 milliószorosan múlta fölül. Egyesek ezt a számot még tovább vélik emelni azáltal, hogy az eruptióban megfigyelhető szokatlanul fényes „magot” tekintik a sugárzás tulajdonképpeni forrásának. Mivel ennek a területe az eruptió területének is mindössze csak 100-ad része volt, ez esetben a sugárzás a stacionárius sugárzást 40 milliárdszor múlta volna fölül, ami megfelel 6.10^{10} fok effektív sugárzási hőmérsékletnek! Ez a hő-

mérséklet viszont az egyes részecskékre 10^{13} elektronvolt energiának felel meg, ami azt jelenti, hogy a részecskeenergiák összemérhetők a kozmikus sugárzás részecskéinek energiájával! Igen érdekes és figyelemreméltó éppen ezért az a körülmény, hogy az erupcióval és az eruptív sugárzással együtt a kozmikus sugárzás ugrásszerű megnövekedését is észlelték ezen a napon (a mellékelt ábra a Cheltenhamban végzett észlelések eredményeit tünteti fel). Ezek a megfigyelések jelentik az alapját, több más hasonló gondolatnak, hogy ez az igen intenzív rádiófrekvenciás sugárzás, amely egyes égitestekről érkezik, közös vagy legalább is rokon eredetű a kozmikus sugarakkal.



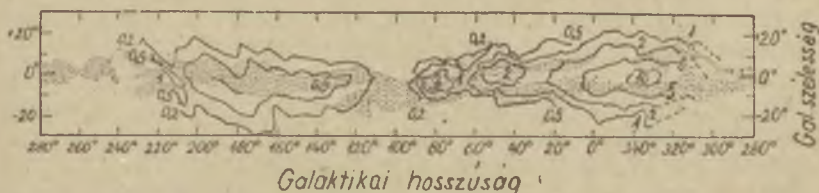
8. A kozmikus sugárzás intenzitásának hirtelen megnövekedése az 1946 július 25-i flare-rel kapcsolatban. Ugyanakkor észlelték igen erős eruptív rádiósugárzást is

Galaktikus rádióhullámok

A Naprendszeren kívülről érkező rádiósugárzást már Jansky felfedezte, tüzetesebb vizsgálatokat azonban csak Reber folytatott 1940 körül. Reber azt vizsgálta, hogy milyen a Tejútrendszer képe a rádióhullámok fényében, pontosabban vizsgálta az egyenlő „fényességű” (természetesen rádiófényességről van szó) görbék menetét, vagyis előállította a Tejút rádiófényben mutatózó izofot-görbéit. Eredményeit mutatja a 8. ábra. A rádiósugárzás intenzitása igen erősen nő a Tejút középvonala felé és ugyanott mutat maximumot, a 330° -os galaktikai hosszúság környékén, ahová másirányú vizsgálatok is a Tejútrendszer centrumát helyezik. Reber vizsgálatait mások, más hullámhossz-

szakra is megismételték, de lényegesen különböző eredményt nem kaptak.

Nyilvánvaló kérdés az, hogy mi ennek a galaktikus eredetű rádiófrekvenciás sugárzásnak a forrása. A legkézenfekvőbb feltevés az volt, hogy ugyanúgy a csillagközi ionizált gáz termikus sugárzásáról van szó, mint ahogy a napkorona ionizált gázainak termikus sugárzása hozza létre a Nap stacionárius rádiósugárzását. Csakhamar bebizonyosodott azonban, hogy ez a feltevés aligha magyarázza meg a Tejútrendszer rádiósugárzását (legkevésbé a méteres hullámhosszakon). Az észlelt intenzitások megmagyarázására ugyanis általában sokkal magasabb hőmérsékletet kell feltételeznünk az intersztelláris gázra, mégpedig kereken 1 nagyságrenddel magasabb hőmérsékletet, mint ami-



9. A Tejút rádió-izofot-görbéi REBER mérései szerint (frekvencia 160 MHz)

lyen a másirányú vizsgálatokból következik. Ilyen körülmények között el kellett vetni azt a gondolatot, hogy kizárólag az intersztelláris gáz a galaktikus rádiózáj forrása.

A későbbiek során felfedezték a kozmikus rádiósugárzásnak úgynevezett „pontoszerű” forrásait. Ezeket nevezték el később átmenetileg rádiócsillagoknak. Ezeknek az érdekes és lényegében véve ma sem ismert természetű objektumoknak a kérdéséről az alábbiakban még bőven fogunk beszélni. Egyelőre elég annyit megállapítanunk, hogy ezeknek az elszigetelt, diszkrét forrásoknak a felfedezése a vizsgálatokat a másik irányban erősen befolyásolta. Teljesen feladták azt, hogy a csillagközi anyag lehetne a forrása a galaktikus rádiózájnak és az egészet megkísérelték különálló, csillagszerű, vagy legalább is méreteikben a csillagokkal megegyező forrásokra visszavezetni. Sőt voltak, akik azt a nézetet vallották, hogy a közönséges, ismert csillagok rádiósugárzása a legmagasabb intenzitás (tudniillik a Nap eruptív rádiósugárzásának intenzitása) mellett esetleg elegendő a jelenség magyarázatára. Ez utóbbi feltevés azonban nyilvánvalóan nem elégséges, mert nem kevesebb, mint 10 nagyságrend különbség mutatkozik a számított és mért intenzitás között. Ezért átmenetileg a legtöbben Unsöld véleményét fogadták el, aki

szerint a csillagoknak bizonyos különleges fajtái magyarázzák a rádiósugárzást:

Nemrégiben *Sklovszkij* foglalt állást e kérdésben, az Asztro-nomicsepszikj Zsurnál 1952. évi kötetében. *Sklovszkij* csatlakozik *Piddington*-nak egy régebbi elgondolásához. Véleménye szerint *Unsöld* nézete nem helytálló, a galaktikus rádió zaj, illetve annak legalább egy része (elsősorban a 3 m-nél rövidebb hullámhosszakon) az intersztelláris anyag sugárzásából ered. Erre a következtetésre *Sklovszkij* az energiának a szinképpen való, továbbá irány szerint való eloszlására vonatkozó összes eddigi észlelések gondos feldolgozásával jutott. Szerinte a rádiócsillagok sugárzásából csak a galaktikus zaj másik része ered. Ezek a rádiócsillagok *Sklovszkij* szerint nyilvánvalóan nem azonosak azokkal a rendkívüli intenzív forrásokkal, amelyek a Cygnus és a Cassiopeia csillagképek irányában helyezkednek el. Ezeket ő inkább hajlandó „patológikus” objektumoknak felfogni. A tipikus rádiócsillagok sugárzása nem olyan intenzív, mint ezeké a forrásoké, de lényegesen intenzívebb, mint a Napé. Ezek a *Sklovszkij* által feltételezett források esetleg alacsony hőmérsékletű csillagok lennének, amelyeknek a felszíni hőmérséklete 800-1000-1500 fok körül van. De lehetnek kis ködök, amelyek szintén rendkívül gyengén világítanak és az optikai hullámhosszakon nem vehetők észre.

Sklovszkij mindenesetre kiszámította ezeknek a feltételezett objektumoknak eloszlását a Tejútrendszerben és számításai azt mutatták, hogy a rádiócsillagok száma lényegesen nagyobb, mint a közönséges csillagoké. Térbeli eloszlásuk leginkább még a gömbi alrendszer csillagaira emlékeztet, tehát nincsenek a Tejút síkjába koncentrálva. Tömegük mindenesetre rendkívül kicsiny kell hogy legyen, mivel a Tejútrendszer össztömege nagyságrendileg megegyezik a látható csillagok számlálásából és a csillagközi anyag sűrűségéből becsült tömeggel, tehát a Tejútrendszer égitestjeinek túlnyomó többségét a közönséges csillagoknak kell alkotniuk.

Sklovszkij elgondolása igen érdekes kísérlet a galaktikus rádiósugárzás megmagyarázására, bár kétségtelen, hogy a kérdés még nincsen lezárva. Különösen sokat ígér a *Sklovszkij*-féle magyarázatban az, hogy nem kísérli meg, mint előtte majdnem minden e tárgykörrel foglalkozó kutató, (az említett *Piddington* kivéve), a galaktikus zajforrásokat vagy az intersztelláris források, vagy a csillagszerű források skatulyájába belekényszeríteni, hanem jóval szélesebb alapon fog a kérdés tárgyalásához. Valóban, a legtöbb jel arra mutat, hogy ennek a sugárzásnak a forrása többféle. Így a *Sklovszkij*-féle megfontolások jelentik

a további fejlődés legbiztatóbb útját, még ha egyes számszerű értékek nála kissé szélsőségeseknek látszanak is és könnyen lehet, hogy újabb adatok nyomán meg is változnak.

Régóta kísérleteztek a Tejútrendszeren kívül más hasonló objektumok, *extragalaxisok* rádiósugárzásának kimutatásával. Eredménytelen próbálkozások hosszú sora után, 1950-ben végre sikerült *Hanbury-Brown*-nak és *Hazard*-nak kimutatni ezt a manchesteri egyetem nagy rádióteleszkópjával (a Jodrell Bank nevű állomáson), mely ez idő szerint a legnagyobb ilyen berendezés a világon. (A parabolikus antenna átmérője 66,5 méter.) Az Andromeda-köd irányában végig regisztrálták több különböző deklináción az égbolt rádiósugárzását és a köd irányában jól kivehető maximumokat kaptak. A maximumok elhelyezkedése,



10. Az Andromeda-köd rádiósugárzásának kimutatása. Figyeljük meg az intenzitás megnövekedését a köd irányából

amint az ábra mutatja, pontosan megfelel az Andromeda-köd elhelyezkedésének az égbolton. A mért intenzitás nagyságrendileg megfelel annak, amit a Tejút ismert erősségű sugárzása alapján az Andromeda-köd irányából várhatunk. Később sikerült meglehetősen biztossággal kimutatni még további négy extragalaxis, éspedig az M33, M51, M101 és újabban az M87 rádiósugárzását.

Bármily legyen is az intersztelláris anyag szerepe a galaktikus zaj létrehozásában, az bizonyos, hogy van az intersztelláris anyagnak egy bizonyos speciális sugárzása, amelynek magyarázata a hidrogénatom fizikai természetében rejlik, és amelynek különleges jelentősége van a Tejútrendszer szerkezetének vizsgálatában.

A „21 centiméteres” rádiósugárzás vizsgálata

Új fejezetet jelent ugyanis a Tejútrendszer rádióvizsgálata szempontjából az, hogy nemrég sikerült először szigorúan monokromatikus emissziót észlelni a Galaxisban. Erre az adott alkalmat, hogy a hidrogén egy bizonyos fajta sugárzása a rádiófrekvenciás tartományba esik, éspedig hullámhossza 21,2 cm-es (azaz frekvenciája 1420 MHz). Ez a sugárzás egy úgynevezett tiltott átmenetnek felel meg. Létrejöttének körülményeit az egész jelenség fontosságára való tekintettel kissé részletesebben érdemes megtárgyalni.

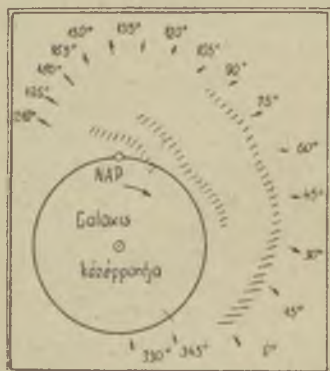
A nem ionizált hidrogén, mint ismeretes, a protonból és a körülötte keringő elektronból áll. Az elektron számára különböző energiájú pályák egész sorozata lehetséges. Az egyik pályáról a másikra való átmenet „ugrással” történik, ez alkalommal az atom energiája megváltozik, az energiakülönbség kisugárzódik illetőleg elnyelődik. A legkisebb energiájú állapot az atom úgynevezett alapállapota, és hogyha az atomot huzamosabb időn keresztül külső hatások nem érik, az elektron erre az alap pályára tér vissza. A valóságban azonban ez az alapállapot sem egyetlen energiaszintet, hanem tulajdonképpen két igen közelső energianívót jelent. A kettősséget az hozza létre, hogy a mag rendelkezik mágnesesnyomatékkal és egy impulzusnyomaték jellegű mennyiséggel, a magspinnel. Ez eredményezi azt, hogy a színkép vonalak egy igen finom felbomlást mutatnak, az úgynevezett hiperfinom struktúrát. A neutrális hidrogén esetében ennek felel meg az alapállapot két, egymástól csak igen kevésbé különböző energiaszintje. A magasabb szinten az elektron átlagosan 11 millió esztendeig maradna meg, és azután visszatérne az alapállapot alacsonyabb szintjére, kibocsátva közben a 21 cm-es hullámhosszú rádiósugárzást. Csakhogy ez a sugárzás meglehetősen szigorú feltételekhez van kötve. Mert ha az elektront valamilyen hatás éri, míg a felső energiaszinten van, akkor más, magasabb szintre kerül, és így a kérdéses sugárzás kibocsátására a lehetőség „elromlik”, ez a sugárzás elmarad. Normális, azaz földi viszonyok között az elektron nem marad meg 11 millió esztendeig külső hatás nélkül, hanem vagy sugárzás elnyelése, vagy ütközés révén magasabb energia szintre kerül és a lehetőség a 21 cm-es sugárzás kibocsátására megszűnik. Ezért laboratóriumi viszonyok között ez a sugárzás nem mutatkozik, földi viszonyok mellett ez az átmenet „tiltott”. Amint láthatjuk, a tiltott átmenet csak viszonylagos tilalmat jelent, csak annyit mond, hogy a kérdéses átmenetnek a valószínűsége igen kicsiny. A csillagok közötti térben azonban az anyag igen ritka és a sugárzási tér is viszonylag kis intenzitású. Ezért itt nagy a való-

színúsége annak, hogy az elektron az alapállapot felső szintjén háborítatlanul megmarad és megfelelő idő elteltével az alsó szintre visszatérve, kibocsátja a kérdéses sugárzást. Várhatjuk tehát, hogy a csillagközi gáz magas hidrogéntartalma mellett a 21 cm-es hullámhosszon monokromatikus rádiósugárzás legyen észlelhető.

Ezt a gondolatot még 1945-ben *van de Hulst* holland asztrofizikus vetette föl. Mivel azonban értekezését egy igen kevésbé ismert (hollandnyelvű) folyóiratban közölte, nem keltett vele figyelmet. 1949-ben *Sklovszkij* az Asztronomiczeszkij Zsurnalban közzétett értekezésében lényegesen továbbment az előbb említetténél, amennyiben ki is számította a várható intenzitását ennek a sugárzásnak. Ki tudta egészíteni tehát *van de Hulst* propozícióját azzal, hogy a rendelkezésre álló technikai apparátus mellett ezt a sugárzást nemcsak esetleg észlelni lehet, de észlelni kell tudni. Valóban 1951-ben egymástól függetlenül *Ewen* és *Purcell* a Harvard-obszervatóriumban, *Oort* és *Muller* Kootwijkban (Hollandia), valamivel később pedig *Christiansen* és *Hindman* Sydneyben észlelték is a kérdéses rádiósugárzást.

Ennek a sugárzásnak észlelése alapvető jelentőségét annak köszönheti, hogy ezúttal nem a színeké folytonos részének észleléséről, hanem először a rádiócsillagászat történetében, egy bizonyos hullámhosszra eső vonalas emisszió észleléséről van szó. Lehet tehát rajta Doppler-effektust mérni! Ilyen módon remélhető volt, hogy a Tejútrendszer szerkezetére nézve messze-menő felvilágosítást kaphatunk, hiszen a rádióhullámok terjedését nem zavarják meg az intersztelláris porfelhők, amelyek különben annyira gátolják a vizuális észleléseket. Valóban ennek a sugárzásnak az észlelése különösen *Oort* és *Muller* kiterjedt vizsgálatai nyomán nagyjelentőségű felvilágosításokkal szolgált a Tejútrendszer spirális szerkezetére nézve. Már régóta ismert ugyanis, hogy a Tejútrendszer forgása következtében távolabbi égitestek mozgásában szisztematikus, rendszeres hatásoknak, közeledésnek vagy távolodásnak kell mutatkoznia, és pedig az iránytól és a távolságtól függően. *Oort* még a 20-as évek végén adott is egy formulát, amelyik meghatározza, hogy a Tejútrendszer bizonyos irányában milyen eltolódást várhatunk, mint Doppler-effektust, az adott irányban fekvő égitestek szisztematikus közeledése, illetve távolodása révén. A várható effektus kerekén 2500 parszekig a távolsággal arányos (távolabbi objektumoknál az összefüggés valamivel bonyolultabb). Ez teszi alkalmassá *Oort* formuláját távolságmérésre. Már régebben is felhasználták ezt a fontos képletét (a vizuális sugárzással kapcsolatban) ilyen célokra, például novák, cepheidák, csillagtársulások

és hasonló speciális objektumok távolságának megállapítására. Most azonban arra kínálkozott lehetőség, hogy esetleg az egész Tejútrendszer szerkezetét kinyomozhatjuk. Igaz ugyan, hogy a csillagközi hidrogéngáz sűrűsége elég nagy ahhoz, hogy a 21,2 cm-es sugárzást aránylag rövid úton elnyelje. Csakhogy a távolabbi égitestek az említett Oort-féle hatás következtében Dopplereffektust mutatnak, a hullámhossz tehát „lecsúszik” a kritikus



11. A Tejút szerkezete rádiófrekvenciás észlelések szerint. A vonalkázott területek a spirálkarok fekvését jelölik, a nyílak és a melléjük írt számok a galaktikai hosszúságokat

értékről és ha elég távoli égitestről van szó, akkor annak némileg megváltozott frekvenciájú sugárzása már zavartalanul fog hozzánk eljutni. Valóban, Oort és munkatársai ki is tudtak ilyen módon nyomozni két távolabbi spirális ágot a Tejútrendszerben. (A harmadik, a közeli ág már régebb óta ismeretes volt, ennek szélén helyezkedik el a Nap is.) A spirális ágak fekvése azt mutatta, hogy a Tejútrendszer forgásiránya „feltekeredést” mutat, tehát úgy forog, ahogy a spirálkódok fényképe alapján ezt „várhatjuk”.

A legutóbbi időben a neutrális hidrogén 21 cm-es hullámhosszúságú rádiósugárzása rendkívül érdekes eredményeket adott a két Magellán-felhőről. Kerr és Hind-

mann Sydneyben többszáz irányból észlelték e szomszédos extragalaxisoknak ezt a sugárzását és a következő adatokat kapták a két köd szerkezetéről. Régebből ismeretes volt már, hogy míg a Nagy Magellán-felhő sok csillagközi port tartalmaz, addig a Kis Magellán-felhő szinte semmit. Most viszont kiderült, hogy a csillagközi gáz eloszlása egészen más bennük; mindkettő körülbelül egyforma mennyiségben tartalmaz neutrális csillagközi hidrogént! Ennek az intersztelláris hidrogén-gáznak az eloszlása az egyes ködökben ismét igen meglepő: a Nagy Magellán-felhőben — amint az várható is — követi a csillagok eloszlását, a Kis Magellán-felhőben azonban mint egy messze kiterjedő külső héj burkolja be a csillagok rendszerét! Végül radiális sebességet is mértek a 21 cm-es rádiósugárzás segítségével és azt kapták eredményül, hogy a két Magellán-felhő kettős rendszert alkot, közös tömegközéppontjuk körül keringenek.

A galaktikus rádiósugárzás diszkrét forrásai

Igen nagy jelentőségű volt az a felismerés, amit még 1946-ban *Hey, Parsons és Phillips* közltek, mégpedig az a megállapítás, hogy bizonyos irányokban aránylag kis területről rendkívül intenzív rádiósugárzás érkezik hozzánk. Ilyen kis területű, elszigetelt, „diszkrét” forrást először a Cygnusban és a Cassiopeiában fedeztek fel, az interferometrikus módszer alkalmazásával. Később ezeknek a forrásoknak a száma nagyon megsaporodott, amint egyre gondosabban kutattak utánuk és ma már a különböző intenzitású diszkrét forrásoknak a száma 100 körül van. Közülük, amint a táblázatból is láthatjuk, a két elsőnek felfedezett forrás intenzitása messze kiugrik. A legnagyobb részük aránylag gyenge és éppen csak hogy el lehet különíteni őket a Galaxis általános „alapzajától”, sőt egyeseknek a létezése is vitatott még.

Az északi éggömb legintenzívebb diszkrét rádiósugárzási forrásai

A forrás neve (csillagképe)	Közelítő pozíció		Intenzitás*
	rektaszценzió	deklináció	
Cassiopeia	23h 21m	58° 32'	2200
Cygnus	19h 56m	40° 35'	1350
Taurus (Rák-köd)	5h 31.5m	22° 04'	125
Virgo	12h 28m	12° 37'	105
Ophiuchus	16h 49m \pm 4m	7° \pm 9°	40
Taurus II.	4h 28 \pm 1m	25 \pm 2°	33
Camelopardalis	3h 50 \pm 20m	75° \pm 1°	14
Auriga	4h 56 \pm 2m	35° \pm 1,5°	12,5

Ezek a diszkrét források a csillagászat egyik legégetőbb problémáját jelentették az utóbbi idők folyamán. Annyit ugyanis sikerült az interferometrikus módszerrel megállapítani, hogy átmérőjük 5—6 ívmásodpercnél nagyobb nem lehet. Az utóbbi időkg a feloldóképességet nem tudták ennél lejjebb szorítani

* Az intenzitás 10^{-25} Watt/m²-Hz-ben van megadva, *Ryle* mérései alapján, a 81 MHz-es sugárzás esetében. Egyébként figyeljük meg, hogy a gyengébb forrásoknál milyen bizonytalan a pozíció, különösen a deklinációban. (A négy legerősebb forrásnál a bizonytalan-ság a pozícióban legfeljebb néhány ívperc.)

és ezért ezeknek a forrásoknak közelebbi természete ezen az úton nem volt hozzáférhető.

Kézenfekvő probléma volt az *azonosítás kérdése*, vagyis ezeknek a forrásoknak fizikai természetéhez úgy hozzáférni, hogy megnézzni, melyik vizuális objektum felel meg az egyes rádiócsillagoknak. Sajnos, ezek a kísérletek rendkívüli nehézségekbe ütköztek. A Cygnus forrásban pl. a zajforrás környékén két jelentéktelen, 11-ed rendű csillagtól eltekintve, semmiféle objektumot a legutóbbi időkig felfedezni nem tudtak. Nemrégiben *Baade* felfedezett ezen a helyen két olyan extragalaxist, amelyek *összeütközni látszanak*, (mégpedig kereken 1000 km/sec viszonylagos sebességgel) és azt a feltevést kockáztatta meg, hogy ezeknek az extragalaxisoknak tényleges összeütközése során jön létre ez a rendkívüli erős zaj.

Extragalaxisok összeütközése nemcsak hogy nem valószínűtlen, de aránylag „gyakori” jelenség kell hogy legyen. A Tejútrendszerek egymástól mért távolsága ugyanis aránylag kicsi, durván azt mondhatjuk, hogy az egyes galaxisok átmérőjénél egy nagyságrenddel nagyobb. Mindenesetre le kell szögeznünk azt is, hogy egy ilyen extragalaxis-ütközés *korántsem olyan pusztító világkatasztrófa*, mint amilyennek első pillanatban gondolnánk. Az egyes csillagok ugyanis olyan nagy távolságban vannak, hogy ha két galaxis egymásbahatol, a csillagok összeütközése továbbra is teljesen valószínűtlen marad. Ha a Tejútrendszer valamelyik közeli extragalaxissal összeütközne, ez például az egyes csillagok, a Nap vagy a Naprendszer bolygóinak helyzetében és fejlődésében — mondhatjuk — a legcsekélyebb változást nem jelentené. Ellenben „pusztító hatású” lehet egy ilyen összeütközés a csillagközi anyagra nézve. Ennek részecskéi ugyanis aránylag közel vannak egymáshoz (mozgásuk sebességéhez képest!), és az intersztelláris anyag szerkezete egy ilyen ütközés során lényegesen megváltozhat. Valóban a *Baade-féle* ütköző (?) extragalaxisok színekében emissziós vonalakat találtak, ami tényleg egy ilyen folyamat lejátszódására utalhat.

Teljesen megbízható és végleges módon csak a nevezetes *Rák-köd*, a Taurus csillagképbeli legintenzívebb forrás azonosítása sikerült. Ez a köd az 1054. évi szupernova kitörés maradványa. Különböző rendkívüli tulajdonságai mellett a róla érkező intenzív rádiósugárzás nem meglepő, bár kétségtelen, hogy az intenzitás sokkal magasabb hőmérsékletnek felel meg, mint amilyenrel ez a köd rendelkezik. A sugárzás tehát valószínűleg nem termikus eredetű.

Ettől az esettől eltekintve a diszkrét források azonosításával rosszul állunk. Megvizsgálták a $+32^\circ$ és $+72^\circ$ deklinációk

közötti néhány tucat diszkrét rádióforrás már ismert objektumokkal való esetleges megfelelésének kérdését. Az említett néhány extragalaxis kivételével (Andromeda-köd, M51 stb.) semmiféle megnyugtató összefüggést nem találtak. Bizonyos, hogy nincs lehetőség az azonosításra: a vizuálisan negyedrendnél fényesebb csillagokkal, a 90 legközelebbi csillaggal, 21 novával, 38 planetárikus és 29 diffúz köddel. A források eloszlása nem mutat számottevő galaktikus koncentrációt. Ebből arra lehet következtetni, hogy vagy Tejútrendszeren kívüli objektumok a források, vagy olyan közel lévő égitestek, amelyek a Nap közvetlen szomszédságában vannak és amelyek esetében éppen ezért nem nagyon várhatunk a Tejút síkja mentén mutatkozó koncentrációt. Az előbbi feltevés magyarázatlanul hagyja a Tejút általános sugárzását. Az utóbbi viszont nem áll messze *Sklowskij* feltételezésétől.

A diszkrét rádiósugárzás forrásainak távolságára vonatkozóan azonban semmiféle megbízható adat nem áll még rendelkezésünkre. Annyi tény, hogy nincsenek a bolygórendszeren belül. Ebben az esetben ugyanis a Föld *keringése* következtében olyan látszólagos eltolódást, olyan parallaxist kellene mutatniok, hogy ezt még az irányra aránylag igen kevésbé érzékeny rádiótávcsövek segítségével is ki kellene tudni mutatni.

Az azonosításra irányuló erőfeszítések némi eredményt hoztak a legutóbbi időben, amikor a Cassiopeia-beli forrás irányában sikerült felfedezni egy, a Rák-ködre emlékeztető szerkezetű, nagy sebességgel kiterjedő halvány ködöt. Sőt közölték az 1572-es Tycho Brahe-féle szupernova azonosítását is, ami azonban még nem tekinthető véglegesnek. Néhány forrást, így pl. a Virgo-belit szintén extragalaxisokra próbáltak visszavezetni, a többség azonban máig azonosítás nélkül maradt. Nem is valószínű, hogy ezen az úton a közeljövőben lényegesen messzebb juthassunk.

A legutóbbi időben figyelemreméltó koncentrált erőfeszítést tettek a rádiócsillagok természetének felderítésére. Különböző, lényegében véve interferometrikus módszerekkel megvizsgálták egy sereg ilyen forrás méretét Sydneyben, Cambridgeben és Manchesterben. A használt eljárások *az eddigieknél lényegesen jobbak* voltak, így pl. a Sydney-i berendezés nem kevesebb, mint 10 km-es alapvonallal dolgozik! Ezek a módszerek mind a három észlelőhelyen azt a nagyon fontos eredményt adták, hogy a források *nem egészen pontszerűek*, hanem egy-két ívperc átmérőűek, esetleg még nagyobbak. Amennyiben ez az eredmény megerősítést nyer, a rádiócsillag elnevezés helyett célszerűbb lesz „rádióködkről” beszélni, mert úgy látszik, hogy a források talán inkább kis galaktikus ködök.

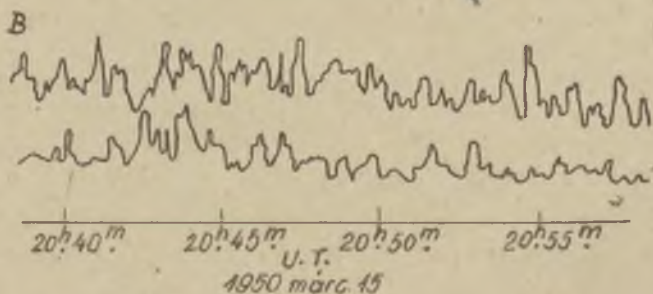
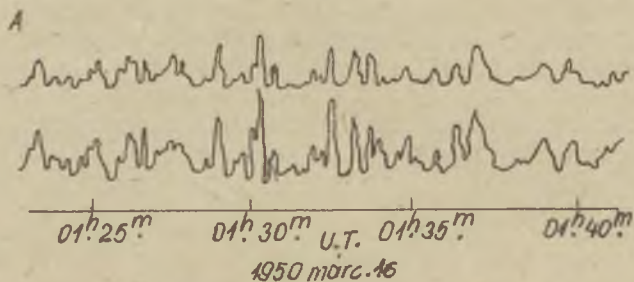
A rádiócsillagok „pislogása”

Igen nagy horderejűnek látszott az a megállapítás, amelyet nyomban az egyes diszkrét források felfedezése után közzétettek, éspedig az, hogy ezek a források igen tekintélyes, a periodicitás némi nyomait mutató gyors „fényesség”-ingadozást árultak el. Átmenetileg be is vezették a „rádió-változócsillag” elnevezést, sőt meg is próbálták a periódus alapján valamilyen, eddig nem ismert különleges változó csillaggal való azonosítást. Ezek a kísérletek azonban nem vezettek eredményre, és nem is vezethettek, mivel ma már tudjuk, hogy a változások *nem* a sugárzó forrás intenzitásában gyökereznek.

A jelenség ugyanis megfelel a mindenki által ismert „pislogás” jelenségének. A csillagok pislogását közismerten az okozza, hogy a levegő nem egynemű és hőmérséklete, sűrűsége és így fénytörő képessége tetemes helyi változásokat mutathat. Ennek következtében a csillagok fénye, amíg szemünkbe érkezik, igen viszontagságos, zeg-zugos utat tesz meg. Végeredményben a légkör zavaró hatása abban nyilvánul meg, hogy a csillagoknak egyrészt pozíciója, másrészt fényessége igen rövid időtartamú ingadozásokat mutat. Felmerült annak a gyanúja, hogy nem hasonló eredetű-e a rádiócsillagok fényének igen gyors ingadozása is, amelyben az egyes intenzitásváltozások sokszor másodperc vagy tíz másodperc nagyságrendű idő alatt következtek be. A levegő állapota az alacsonyabb rétegekben természetesen aligha befolyásolja a rádiósugarak terjedését. Annál nagyobb lehet az ionoszféra zavaró szerepe. Az ionoszférában végigmenő változások, például a vastagságnak, az ion-koncentrációnak változásai stb. jelentékenyen befolyásolhatják a rádióhullámok terjedését. Ebben az esetben ezek a változások csupán a rádiócsillagok „pislogásából” erednének.

A kérdés eldöntése céljából több észlelő egyszerre vizsgálta a rádióforrások intenzitásváltozásait. Azt találták, hogy amíg a két megfigyelő hely távolsága kerekén 4 km volt, addig az intenzitásváltozások a két különböző állomáson, ha nem is azonosak, de nagyjából megegyező lefolyásúak voltak. Amikor azonban 210 km távolságban volt egymástól a két észlelőhely (ez a Cambridge—Jodrell-Bank távolság), az intenzitásváltozások között már *semminemű összefüggés* nem volt megállapítható. Nyilvánvaló tehát, hogy nem az egyes égitestekben végbemenő tényleges változásokról van szó, hanem csak az ionoszféra zavaró hatásáról, amelyik természetesen jobban megegyezik közeli észlelőhelyek esetében. Különösen jól mutatja a helyzetet a 12. ábra, amelyben a Cassiopeia-beli diszkrét forrás intenzitás-

ingadozásait tüntetjük fel. A felső ábraszor esetében az egyidejű észlelések 3,9 km távolságtérés mellett, az alsók 7,7 km távolságtérés mellett készültek. Láthatjuk azt, hogy a kisebb távolság mellett igen jó összefüggés mutatkozott, a nagyobb távolság mellett ez lényegesen leromlott.



12 A rádiócsillagok «pislogása». A): 3,9 km antennatávolság, elég jó összefüggés, B): 7,7 km antennatávolság, alig figyelhető meg valami összefüggés

Kétségtelen azonban az is, hogy ha ez a jelenség földi eredetű is, vannak magukban a forrásokban is sugárzás-ingadozások. Így például 1949 október 6-án, majd október 14-én Smith fel-tűnő kiugrásokat talált az intenzitásban két állomáson egyszerre, holott a felvevőberendezések 160 km távolságban voltak egy-mástól. Maguk az intenzitás megnövekedések 20 másodperc idő-tartam alatt zajlottak le és az egész jelenség lefolyása sokban emlékeztetett a Nap sugárzásában mutatkozó eruptív összetevőre.

* * *

Áttekintésünk végére érve, mintegy rövid összefoglalásképen megállapíthatjuk, hogy a rádiócsillagászat, ha nem is eredményezte csillagászati világképünknek valamilyen gyökeres át-

alakulását, mégis hozott néhány rendkívüli fontosságú adatot és felvilágosítást egyes égitestek természetéről. Végeredményben azt mondhatjuk, hogy beváltotta a hozzáfűzött reményeket. E pillanatban a fölvetett problémák száma minden egyes fölfedezéssel szinte hatványozottan nő, az elmélet a megfigyelés mögött határozottan el van maradva. Nem lehetetlen, hogy éppen ezért a megfigyelési eredmények régebben szinte szédületes tempója némileg meglassul, úgy mondhatnánk, bizonyos „konszolidáció”, az elért terület meghódítása, részletes feldolgozása következik be.

Kíváncsú lenne, hogy ezekbe a munkákba már a hazai kutatók is belekapcsolódjanak és hozzájáruljanak azoknak az érdekes és régebben nem is sejtett eredményeknek további kimunkálásához, amelyet ez a teljesen új észlelési eljárás nyújtott számunkra.

Herczeg Tibor

TÁVOLSÁGMÉRÉS A VÁLTOZÓCSILLAGOK SEGÍTSÉGÉVEL

A csillagászat tudományában mindig előtérben lévő és alapvető probléma volt a távolságmeghatározás. Mind az elméleti, mind a gyakorlati csillagászat terén, minden probléma megoldása végeredményben akkor állja ki a végső és egyben legfontosabb próbát, mikor a megfigyelésekkel összehasonlítják, sok esetben viszont éppen az észlelési adatok szolgálnak egy elmélet felépítésének az alapjául. Ilyenkor gyakran az egyik legfontosabb láncszem, mely az elméletet a gyakorlattal összeköti, a távolságmeghatározás pontossága és megbízhatósága. A kozmogóniai elméletektől kezdve a csillagászati évkönyvek adataiig mindenütt nagy szerepet játszik a távolságok pontos ismerete, a Naprendszer méretétől kezdve a legtávolabbi extragalaktikákig. Ha nyomon követjük a csillagászat fejlődését, úgy ott is látjuk, hogy egy-egy újabb lépés a távolságmeghatározás terén milyen nagy fejlődést vont maga után. Az első ilyen lépés, mely az exakt csillagászat megalapozását jelentette, a newtoni mechanika volt, mely naprendszerünk méreteinek a meghatározását vonta maga után. A Föld-Nap távolság pontos ismerete után következett egy újabb nagy lépés, a trigonometriai parallaxis, mely a múlt század közepe óta, a Nap környezetében lévő csillagok távolságának a mérésével, a csillagok fizikai ismeretének az alapjait adta meg. A távolabbi csillagok felé azonban sokáig csak igen tapogatózva tudtak a csillagászok tovább terjeszkedni. 1912-ben azonban felfedezték a delta Cephei csillagok periódusfényesség összefüggését, és ekkor a csillagászok látóköre kiterjedt egész a legtávolabbi extragalaktikákig.

Mielőtt azonban részletesen megismerkednénk a periódusfényesség relációval, vizsgáljuk meg, mennyire megbízhatók és pontosak a csillagászati távolságmérések értékei? Mint a csillagászat fejlődésének fenti rövid vázlatából látjuk, végeredményben minden távolság meghatározása elsősorban a csillagászati egység, azaz a közepes Nap-Föld távolság pontosságától függ. Hiszen a csillagok trigonometriai parallaxisának a mérésénél is ez adja meg az alapot. Az egész probléma kiindulópontja,

a csillagászati egység pontos meghatározása, biztos bázisnak tekinthető. Az égi mechanika elmélete részletes kidolgozása és a modern csillagászat pozíciómérésének pontossága e téren nem hagy semilyen kételyt.

A távolabbi csillagok esetében viszont már más a helyzet. A távolságmeghatározási módszerek ellenőrzése és kalibrálása legtöbb esetben ugyan itt is a trigonometriai parallaxisra nyúlik vissza, azonban sok más körülmény is fontos szerepet játszik. Tehát, nagy általánosságban azt mondhatjuk, hogy a távoli égitestek távolságának a meghatározása nem tekinthető olyan pontosnak, mint azoké, amelyek a trigonometriai parallaxis „látókörén” belül fekszenek.

Hogyan tudták a csillagászok a távolságmérést a trigonometriai parallaxis határain túl is kiterjeszteni? Ennél a problémánál elsősorban az úgynevezett távolságmodulust kell megemlíteni. Ha ismerjük egy égitest látszó fényességét (m) és valódi, azaz abszolút fényességét (M), akkor a csillag parsecben mért távolsága (r) és a távolságmodulus ($m-M$) közt a következő összefüggést találjuk:

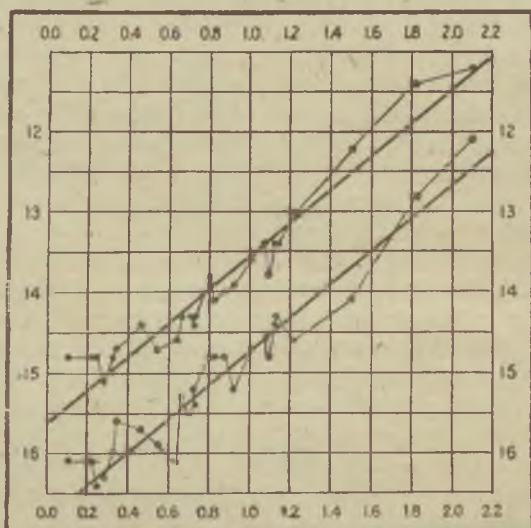
$$5 \log r = m - M + 5.$$

Az égitest látszó fényessége közvetlenül mérhető. Nehézség itt csak akkor lép fel, ha köztünk és az égitest között intersztelláris anyagok is vannak, ami azonban a legtöbb esetben így tapasztalható. Ezek a csillagok közti térben lévő por- vagy gázszerű anyagok a rajtuk keresztülhaladó fényt bizonyos mértékben gyengítik. A látszó fényesség meghatározásánál ezt az úgynevezett intersztelláris abszorbcíót is tekintetbe kell vennünk. Az abszolút fényességre sokféle módon lehet következtetni és ezek közül egyik legfontosabb a Cepheidák periódus-fényesség összefüggése. A közelebbi tejútrendszerek távolságát is a bennük talált számos Cepheida segítségével határozták meg. Ezek a viszonylag kisebb távolságok meghatározása viszont módot adott arra, hogy a közelebbi extragalaktikákban lévő, a Cepheidáknál fényesebb óriásfeletti csillagokat a távolabbi tejútrendszerek távolságának a meghatározására használják fel, mivel ezekben a Cepheidák már nem láthatók, de a szuperóriások még igen. Végül, ami azokat az extragalaktikákat illeti, melyek már nem bonthatók fel csillagokra, ezeknél az összfényességet lehet a távolság meghatározásra felhasználni, melynek az értékét viszont a fent említett módszerek segítségével határozták meg. Természetesen, amíg ezeket a méréseket elvégezték, sok gyakorlati és elméleti nehézséget kellett leküzdeni, ezek kifejtése azonban e rövid cikk keretében nem lehetséges. A lényeges elem,

amit a fentiekből kiemelni szeretnénk, az, hogy az extragalaktikák egész távolságmeghatározási rendszere végeredményben a Cepheidák periódus-fényességreláció helyességén alapszik. E téren hoztak a legújabb kutatások meglepő változást, mely az extragalaktikákról alkotott képet lényegesen átalakította.

A Cepheidák periódus-fényesség relációját 1912-ben fedezte fel Leavitt, a Magellán-felhők tanulmányozása közben. A Magellán-felhők a mi tejútrendszerünk kísérői és a bennük talált Cepheida-változók igen érdekes tulajdonságokat mutattak. A látszó fényességük ugyanis összefüggésben van a csillagok fényváltozásának a periódusával. A Cepheidák fényüket igen szabályos időközökben változtatják, melynek periódusa azonban csillagonként más és más. Így vannak, melyek fényváltozása 2 naponként ismétlődik, mások fényváltozása viszont 5 nap, 20 nap vagy ennél is hosszabb. A kis Magellán-felhőben 25 ilyen típusú változócsillagot sikerült találni és ha ezeket egy diagramban foglaljuk, úgy igen érdekes összefüggést kapunk. Minél hosszabb a fényváltozás periódusa, annál fényesebb a csillag látszó fényessége. Mivel azonban a Magellán-felhők tőlünk távolabb lévő izolált csillagrendszerek, feltehetjük, hogy a bennük lévő csillagok tőlünk egyforma távolságra vannak. Tehát a fenti összefüggésnek nemcsak a látszó fényességre, hanem az abszolút fényességre is érvényesnek kell lennie. Ezzel kapcsolatban két fontos feladat várt a csillagászokra. Először az összefüggést ábrázoló görbe alakjának a pontos meghatározása. Ez nem volt nagyon nehéz, mert ezt a látszó fényesség és periódus is megadja, és ha az abszolút fényrendre térünk át, a görbe alakja semmiben sem változik. Az 1. ábra a felfedezés alkalmával közölt diagrammot mutatja be. Itt vízszintes irányban a csillag periódusának a logaritmus, függőleges irányban pedig a csillag látszó fényessége van felmérve. A pontok a mért adatokat ábrázolják, melyek egy-egy egyenessel vannak kiegyenlítve. A felső vonal a csillagok maximumára, az alsó a minimumára, azaz a fényváltozás legfényesebb és leghalványabb pontjára vonatkozik. Itt még az a szerencsés körülmény is közrejátszik, hogy mivel ezek a csillagok tőlünk mind egy irányban és egyenlő távolságra vannak, az intersztelláris anyagok fénygyengítését nem is kell tekintetbe venni, hiszen minden csillagra egyforma. A második probléma már sokkal komplikáltabb és mint látni fogjuk, nem is sikerült teljes pontossággal megoldani. Ez a periódus-fényesség reláció nullpontjának a megállapítása. Ezalatt a következőt értjük: meghatározandó egy bizonyos látszó fényességhez tartozó abszolút fényesség. Ha ezt sikerült megállapítani, akkor, ha már akárhol a világűrben találunk egy Cepheidát, rögtön meg tudjuk állapítani a távol-

ságát, mert a periódus ismerete alapján megkapjuk az abszolút fényességet és ebből, a távolságmodulus segítségével, a távolságot. Legegyszerűbb lett volna egy közeli Cepheida távolságát a trigonometriai parallaxis segítségével meghatározni és ily módon már egy csillag is elegendő lett volna a zérópont meghatározásához. A Cepheidák azonban elég ritka szuperóriáscsillagok és a Naprendszerünk közelében, sajnos, egy sem található. Így a csillagászoknak indirekt módszerekhez kellett folyamodniuk. E téren két járható út is kínálkozott számukra.



I. ábra

Először a Tejútrendszerünkben lévő Cepheidák mozgásának statisztikus vizsgálata, másodsor a gömbhalmazok rövidperiódusú Cepheidái. E két módszer-összeegyeztetés adta meg az abszolút fényesség és a periódus közti összefüggést. A rövidperiódusú Cepheidák vagy másnéven RR Lyrae csillagok a fentemlített Cepheidákhoz — melyeket klasszikus Cepheidáknak szokás nevezni — hasonlóak, de fényváltozásuk periódusa 1 napnál rövidebb. Leggyakoribbak a félnapos periódusúak, de vannak olyanok is, melyek fényváltozása 2 óránként ismétlődik. Ezek szintén óriáscsillagok, de nem olyan fényesek, mint a klasszikus Cepheidák és sokkal több van belőlük a Naprendszer közelében. Ezért könnyebb volt fényességüket is megállapítani, mely az abszolút fényességrendszer zérópontja körül van. Ha most az RR Lyrae csillagokat mint a klasszikus Cepheidák folytatását tekintjük, a periódus-fényesség relációban a diagramm

meghosszabbítható az 1 napnál rövidebb periódusok felé is, s minthogy ez esetben már ismert az abszolút magnitúdó is, a diagramm kalibrálva van. Az így kapott diagramm elég kielégítő egyezést mutatott a klasszikus Cepheidák mozgásainak statisztikai vizsgálataival és a gömbhalmazokban talált Cepheidákkal is. A gömbhalmazokban a számos RR Lyrae típusú változó mellett találunk hosszabb periódusú Cepheidákat is, melyek együttesen már a rövidebb periódus felé kibővített periódus-fényesség összefüggést adják. Ezek után a csillagászok úgy vélték, hogy most már a kezükben van a nagyobb távolságok meghatározására szolgáló kulcs is. Így határozták meg azután a Magellán-felhők és a közelebbi és távolabbi extragalaktikák távolságait is, mint azt már fentebb ismertettük.

Időközben azonban a csillagászok, köztük több szovjet kutató is, újrvizsgálták a periódus-fényesség diagrammot és eredményeik nem mindig voltak a fentiekkel egyezők. Azonban a legújabb időig semmi olyan biztos eredmény nem akadt, mely határozottan rámutatott volna a hibákra. A döntést ebben a kérdésben az 5 méteres tükrörteleszkóp hozta. Ennek felállítása után, 1952-ben, a műszer egyik főfeladatául az Androméda ködfolt vizsgálatát tűzték ki. Ezt a mi Tejútrendszerünkhöz legközelebb eső extragalaktikát, melyet a Messier katalógusa szerint M 31-nek is szoktak nevezni, már azelőtt is beható vizsgálat alá vették, mivel jól felbontható és így a benne lévő csillagok külön-külön is megfigyelhetők. Így, mint már említettük, sok Cepheidát is találtak benne, melyek segítségével sikerült a távolságát is meghatározni. A távolsági modulusa $m - M = 22,4$ fényrendnek, azaz — csillagászati szakkifejezéssel — magnitúdónak adódott. Távolsága, az intersztelláris abszorbcíót is tekintetbe véve, ezek szerint valamivel kevesebb, mint 1 millió fényév. Az 5 méteres tükrörteleszkóp felállítása előtt a leghalványabb csillag, melyet még fényképezni tudtak, 21,5 magnitúdó volt. Az 5 méteres műszerrel már a 23-ad rendű csillagok is elérhetővé váltak. Viszont, mivel az M31 távolsági modulusa 22,4 és az RR Lyrae csillagok abszolút fényessége a zérópont körül van, a látszó fényességük is 22,4 rendűnek várható és így már az 5 méteres tükrörteleszkóppal készített felvételeken láthatóknak kell lenniük. Azonban, valójában egyet sem találtak.

Tehát ezek a csillagok még az 5 méteres távcsőóriás határára is kívül esnek. Ezek szerint az Androméda ködfolt eddigi távolsága téves volt, a távolságmodulus értéke 23 magnitúdó felett van. Még gondolhatnánk ugyan arra is, hogy ebben a rendszerben hiányoznak az RR Lyrae csillagok, ez azonban nagyon valószínűtlen feltevés lenne, mivel az M31 eddig mindenképpen a Tejútrendszerhez hasonlónak mutatkozott.

Baade, aki ezeket a vizsgálatokat vezette, erre is megadta a feleletet. Az M31 egy régebbi kutatások folyamán ugyanis a tejútrendszereket alkotó csillagokat két csoportra osztotta: az úgynevezett I és II populációra.* A klasszikus Cepheidák az első populációba tartoznak, az RR Lyrae csillagok pedig a II-ba. Mivel azonban a gömbhalmazok a II. populációhoz tartoznak, különbséget kell tenni az első populációhoz tartozó klasszikus Cepheidák (melyek a Magellán-felhőben és általában a tejútrendszerek csillagjai közt találhatók) és a II. populációhoz tartozó Cepheidák között, melyek a gömbhalmazokban találhatók.

A II. populációhoz tartozó gömbhalmazokban azonban nem az RR Lyrae csillagok a legfényesebbek. Ezek mellett találtak vörös óriáscsillagokat is, melyek lényegesen fényesebbek és ezek között is vannak változó csillagok, a Mira-típusú hosszúperiódusú változók. Ezek periódusa többszáz nap is lehet és abszolút fényességük — 1,5 magnitúdó.

Azokon a lemezeken, melyeken az RR Lyrae csillagokat hiába keresték, találtak azonban ilyen Mira változókat. Ezek látszó fényessége 22,4 magnitúdó volt, s minthogy abszolút fényességük 1,5, az M31 távolsági modulusa $m - M = 23,9$ -nek adódik.

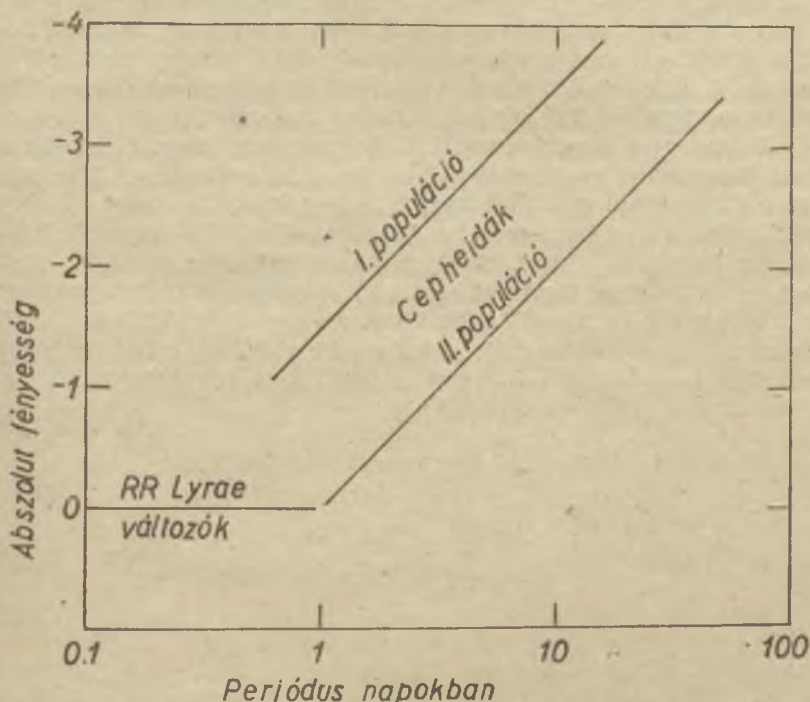
Igy tehát az Andromeda ködfolt s vele együtt a Magellán-felhők és az összes többi extragalaktikák távolsága kétszer akkorának veendő, mint az eddig elfogadott érték.

A periódus-fényesség reláció is megváltozik. Mégpedig az I. populációhoz tartozó klasszikus Cepheidák 1,5 magnitúdóval fényesebbek lesznek, azaz a diagrammban feljebb kerülnek, mint a II. populációhoz tartozók és így a diagram két ágra oszlik, mint az a 2. ábrán vázlatosan felrajzolva látható. Az RR Lyrae csillagok azonban csak egy ágat alkotnak, itt a diagram nem oszlik két részre. Mivel a Tejútrendszerünkben nem klasszikus Cepheidákat, hanem az RR Lyrae és más típusú csillagokat használták távolságmeghatározásra, a mi galaktikánkban az eddig elfogadott méretek tovább is helyesnek tekinthetők.

Milyen következményeket von maga után az extragalaktikák távolságának a megduplázódása? Először is, a mi Tejútrendszerünket kivéve, minden extragalaktika mérete kétszer akkora lesz. Eddigi ismereteink szerint Tejútrendszerünket különleges nagy galaktikának tartottuk, mivel nagysága a többi extragalaktikánál lényegesen nagyobbnak adódott. Az új távolságok bevezetésével ez a kérdés is megoldásra talált, Tejútrendszerünk mérete most már megegyezik a többi extragalaktikák méreteivel.

* L. Detre László: A tejútrendszer című cikkét az 1953-as csillagászati évkönyvben.

vel; az új skála szerint valamivel kisebb, mint az M31. A régi méretek szerint az M31-ben talált gömbhalmazok nagyságát csak fele akkórának találták, mint a Tejútrendszerünkben lévő-két. Az új skála szerint a gömbhalmazok mind a két rendszer-ben egyforma nagyok. Érdekes, hogy erre a tényre már 1946-ban Lundmark is rámutatott. Az M31-ben talált novák, kék szüper-óriás-csillagok és gömbhalmazok vizsgálatának alapján arra



2. ábra

következtetett, hogy a rendszer távolságát meg kell kétszerezni. De mások is sejtették, hogy e probléma körül valami nincs rendben. Így pl. 1949-ben B. V. Kukarkin, szovjet csillagász rá-mutatott arra, hogy az RR Lyrae csillagok nem kapcsolhatók össze a klasszikus Cepheidákkal a periódus-fényesség diagramm-ban. Azonban a csillagászok többsége dogmatikusan ragaszkodott a periódus-fényesség reláció eddigi alakjához, annak ellenére, hogy ennek hibáira már 1944-ben H. Mineur francia csillagász is rámutatott.

Egy másik probléma, mely ugyancsak megoldásra talált, az Ambarcumján szovjet csillagász által felfedezett kék óriáscsil-

lagokból álló csillagcsoportosulások, az úgynevezett O asszociációk kérdése. Az O csillagok nagyon erős fényűek, és így, ami Tejútrendszerünkön kívül, ilyen O asszociációkat a közeli extragalaktikákban is találtak, azonban ezek mérete csak feleakkora volt, mint a Tejútrendszerünkben lévőké. Az új skála szerint, most már az asszociációk is minden csillagrendszerben egyformák.

Végül az 5 méteres tükörteleszkóp „hatótávolsága” is megkétszereződött. Azaz, az eddig észlelt leghalványabb extragalaktika távolsága, ami a világegyetem általunk ismert részének a sugara, 1 milliárd fényévről 2 milliárd fényévre emelkedett. Ezzel az extragalaktikák térbeli sűrűsége is 8-szor kisebb lett.

Ugyanazon a csillagászati kongresszuson, melyen Baade a fent ismertetett eredményeit közölte, azok helyességét tőle teljesen függetlenül más csillagászok is igazolták. Ugyanott elhangzott ugyanis egy beszámoló, a kis Magellán-felhő változócsillagainak legújabb, a délafrikai pretoriai csillagvizsgálóban végzett vizsgálatairól. Ismertették, hogy ebben a csillagrendszerben is találtak RR Lyrae változókat, azonban a várt 17,5 magnitúdó helyett a fényességük csak 19-ed rendű volt. Így tehát ez is bizonyítja, hogy a klasszikus Cepheidák 1,5 magnitúdós eltolódása a periódusfényesség relációban helyes.

Guman István

A NAPTEVÉKENYSÉG ÉS A BOLYGÓK

Már a múlt században felmerült az a kérdés, hogy vajjon a napfoltok gyakoriságának változása kapcsolatban áll-e valamilyen módon a bolygókkal. Azóta többször is próbálkoztak a kérdés eldöntésével. Újabban néhány cseh csillagász foglalkozott ezzel részletesebben.

Mindezek ellenére a bolygóknak a naptevékenységgel való összefüggését sem pozitív, sem negatív értelemben meggyőzően megoldani nem sikerült, pedig ezzel a témakörrel többek között olyan kiváló kutatók is foglalkoztak, mint például: K. Birke-land, E. W. Brown, A. Schuster és F. J. Stratton. A probléma még ma is nyílt kérdés. A kutatók túlnyomó többsége inkább a negatív álláspontot vallja. A szakkönyvek átlapozása is általában ezt a nézetet tükrözi.

A kérdés felvetését a legszembeszökőbben az a tény indokolta, hogy a naptevékenység átlagos szakaszossága és Naprendszerünk legnagyobb tömegű bolygója, a Jupiter Nap körülí keringési ideje között aránylag kicsi az eltérés. Emellett több más észrevétel is érdemlegesnek mutatta az ilyen irányban való kutatásokat.

Természetesen kézenfekvő, hogy elsődlegesen gravitációs jellegű behatásokra gondoljunk és így a bolygók aránylag kicsiny tömegei és nagy Naptól mért távolságai következtében maguk a közvetlen hatások nem várhatók nagymértékűeknek, sőt ezek is a Napon lévő egyéb folyamatok következtében gyakran elmosódhatnak. Minden bizonnyal jogosan feltehető azonban, hogy a bolygók valamilyen módon a Nap felszíni rétegeire úgy hathatnak, hogy ha egyes helyeken a körülmények „kedvezőek”, ott foltképződési folyamatok indulhatnak meg. Arra vonatkozóan, hogy milyen természetűek lehetnek ezek a hatások, több lehetőség merült fel.

Egyik ilyen lehetőség, melyet leggyakrabban feltételeztek a bolygók ár-apálykeltő erejének hatása. Másik lehetőség, melyre W. A. Luby hívta fel a figyelmet több dolgozatban, de amelyek azonban sajátságos módon különösebb visszhangra nem találtak, az, hogy a precessziós erők következtében a bolygók erő-

párokat keltene a Nap külső rétegeiben és ez játszaná a döntő hatás szerepét a foltok kialakításában.

Mindkét „erő” közös jellemzője, hogy a bolygótávolságok harmadik hatványával fordítottan, míg a tömegekkel egyenesen arányos. Különbözik a kétféle erőtypus egymástól abban, hogy, ha például két köralakú pályán mozgó bolygótól származó hatás összegének a közös periódusát keressük, úgy precessziós erőknél a bolygók keringési idejének felét, míg az ár-apálykeltő erő esetében magukat a teljes keringési időket kell számításba venni. De még lényegesebb a különbség, ha az erők nagyságának abszolút értékeire fordítjuk figyelmünket. Ez ár-apálykeltő erőknél csak kis mértékben ingadozik, míg a precessziós hatás az idővel nagy mértékben változik. Ha csak egyetlen bolygót tekintünk, úgy a Napra gyakorolt precessziós hatás nagysága minden egyes keringés folyamán kétféle zérussá válik, ha a bolygó a Nap egyenlítőjének síkján halad át.

Ezen erőhatások viszonylagos nagyságáról, mindkét esetben a Földre vonatkozó tagot választva egységnek, a következő táblázatból tájékozódhatunk.

				ár-apály hatás						precessziós hatás
Merkur	..	..	..	1,04	..	..	..	..	..	0,32
Vénusz	..	..	..	2,09	..	..	..	..	..	1,14
Föld	..	..	..	1,00	..	..	..	..	..	1,00
Mars	..	..	..	0,03	..	..	..	..	..	0,02
Jupiter	..	..	..	2,20	..	..	..	..	..	1,89
Szaturnusz	..	..	..	0,11	..	..	..	..	..	0,08
Uránusz	..	..	..	0,02	..	..	..	..	..

Luby szerint a precessziós erők hatása összehasonlíthatatlanul nagyobb, mint az ár-apálykeltő erőké. Természetesen a precessziós erők csak akkor jöhetnek létre, ha a Nap nem szigorúan gömb alakú. A Nap gömbtől való eltéréséről ma még nincsenek biztos számbeli ismereteink. Észlelésekkel, a forgástól származó lapultságát még korántsem lehetett kimutatni. Luby, Tisserand és Moulton elméletileg levezetett poláris és ekvatoriális átmérő különbségeivel számolt. A precessziós erők abszolút értékeire kb. 40%-kal több vagy kevesebb adódik aszerint, hogy ezen említett elméleti napátmérő különbségek közül a nagyjából közepes helyett a legnagyobbat, illetve legkisebbet választjuk. Így a mondottak és a számbeli értékek figyelembevételével könnyen elképzelhető, hogy Földünknek is tekintélyes szerep juthat a foltok kialakításában.

Felmerültek bizonyos alapjaiban más elgondolások is a naptevékenységnek a bolygók által való irányítására. Ezek a bolygók hatását közvetett úton értelmezik: a bolygók a meteorok pályáit befolyásolnák elsődlegesen, úgy, hogy azok hol több, hol kevesebb számban zuhannának a Napra és így igyekeztek magyarázatot keresni a naptevékenységgel kapcsolatos észlelési adatok egy részére. Főként H. H. Turner, valamint N. Malmquist voltak ezen nézet szószólói. Elgondolásaikkal szemben több komoly ellenvetést emeltek. Ezekután nagyon valószínűtlen, hogy a meteoroknak a napfoltok gyakoriságának változásait illetőleg lényeges szerepük volna.

A naptevékenység és a bolygók kapcsolatának kérdését a legtöbbben egyszerűen úgy vizsgálták, hogy napfoltmaximumok és minimumok időpontjai vagy a Wolf-féle napfoltrelativszám és a bolygók különféle csoportosulásai (együttállások, szembenállások stb.) között kerestek összefüggéseket. A komolyabb kutatások már két vagy több bolygó közös árapály keltő erejének változását vették tekintetbe. Egyes esetekben a szigorúan véve fizikai mennyiségnek alig tekinthető relativ szám mellett a foltok greenwichi területi adatait használták. A különféle módon alkotott görbék menetéből, egyes maximumok és minimumok közel egyező időre való eséséből igyekeztek a legtöbb következtetést levonni. Különös előszeretettel keresték a két jelenségcsoportnál az egyezőnek mutatózó periódusokat; így pl. a 11 éves napcikluson kívül még vagy egy tucatnál több és általában kielégítően alig biztosítottnak tekinthető rövidebb és hosszabb periódusok megfelelőjét. Az egyezések realitását általában nem is vizsgálták behatóan. A leggyakrabban csupán az ellentmondásokat kísérelték meg esetről-esetre ad hoc indokolni. Azt sem igen vették figyelembe a régebbi napciklusokat is felölelő vizsgálatoknál, hogy a rendelkezésre álló napfoltadataink pontossága korántsem egyező. Kérdéses azonban már az is, hogy a foltokra vonatkozó említett adatokat fizikai okoknál fogva mennyiben szabad közvetlen kapcsolatba hozni pl. magukkal az árapálykeltő erőkkel.

Utaltunk már arra, és ez mind az ár-apálykeltő, mind a precessziós erők esetében, már a közölt kis táblázatból is kitűnik, hogy amennyiben tényleg ilyen hatások volnának a kezdeti okai a naptevékenység menetének, úgy Földünk hatása is alig tekinthető elhanyagolhatónak. Ha ez így van, akkor méltán várhatjuk ennek valamilyen formában való tükröződését a naptevékenységről gyűjtött észlelési adatainkban is. E. W. Maunder már 1907-ben felhívta a figyelmet arra, hogy ilyen jelenség a foltoknál ténylegesen tapasztalható. *Többek között* azt vette észre, hogy a Nap rotációja folytán a napperem keleti oldalán

a napkorongra beforduló foltcsoportok száma nagyobb annál, mint amennyi a nyugati részén tőlünk elfordul. Mivel kelet-nyugati perem megkülönböztetés, ilyen értelemben kimondottan csak Földhöz viszonyított helyzetet jelent, így, ha ez a megfigyelési adat valóban reálisnak bizonyulna és, ha ezt speciális földi észlelési körülményekkel nem sikerülne értelmezni, akkor ezzel már is bizonyítva lenne a kérdéses föld-hatás.

A foltok észlelési adataiban talált egyéb kelet-nyugat asszimetriákat a kutatások eddigi eredményei alapján úgy látszik sikerült más okokra visszavezetni. Véleményünk szerint azonban még ezen a vonalon sincs minden kielégítően tisztázva.

• A foltokon kívül egyébként a napfáklyákkal kapcsolatban is kimutatható volt bizonyos eltérés kelet-nyugat között, sőt vannak ilyen megállapítások a protuberanciákra vonatkozólag is.

Az irodalom beható tanulmányozása nyomán úgy véljük, hogy a bolygók és a naptevékenység közötti esetleges összefüggés kérdése nagyon is megérdemli a további, széles alapokra kiépítendő kutatásokat.

(Amennyiben ez pozitíven dőlné el, szinte felmérhetetlen lehetőségek felé nyitna kaput, mert így talán belátható időn belül megoldható volna többek között a Nap legkülönbözőbb geofizikai hatásainak előrejelzése is, aminek óriási gyakorlati jelentősége lenne.)

Mindenesetre legelőször is célszerűnek látnók megkísérelni a naptevékenység fizikailag lehető jól jellemzett menetének megállapítását a Nap észlelhető külső rétegei egyes nagyobb aktív vidékei segítségével, alkalmas kvantitatív módon. (Szerintünk korántsem kielégítő a relatívszám vagy területi adatok elkülönített analizálása.) Az aktív vidékekre vonatkozó és az eddigi szokással szemben megfelelőbben meghatározandó számadatokat kellene összehasonlítani az összes bolygók precessziós és ár-apálykeltő erőinek együttes eredőjével.

Így pl. a napfoltok gyakorisága és hellografikus változásának eloszlása, talán mint a *forgásban* lévő Napon, ezen gravitációs jellegű erők hatására szükségképen létrejövő áramlások segítségével volna valami módon értelmezhető.

Dezső Loránt és Gerlei Ottó

A CSILLAGOK MÁGNESÉGE

Néhány évvel ezelőtt feltűnést keltettek azok az észlelések, melyek szerint egyes csillagoknak rendkívül erős mágneses tere van, sokkal erősebb, mint amilyen Hale talált a Napon. Azt találták, hogy míg a Nap általános mágneses tere legfeljebb 50 Gauss (az újabb megfigyelések szerint ennél jóval kevesebb, legföljebb 5—6 Gauss), addig egyes csillagoknál több ezer Gauss, tehát akkora, mint a legnagyobb napfoltok közép-pontjában. E csillagok iránti érdeklődést fokozta még az, hogy néhányuk mágneses tere változik.

A csillagok mágnesességére színeképvonalainak Zeeman-effektusából következtethetünk. Ismeretes a kísérleti fizika alapján, hogy ha egy fényforrást, pl. egy Geissler-csővet mágnes pólusai közé helyezünk, a fényforrás színeképvonalain fontos változások lépnek fel. Az egyszerű színeképvonalak, mint amilyenek pl. az izzó vasgözök színeképeiben vannak, több részre hasadnak. Az egyes vonalak azonban igen közel vannak egymáshoz és csak különlegesen nagy felbontóképességű spektrográfokkal figyelhetők meg. A színeképvonal széthasadása különböző, aszerint, hogy megfigyeléseinket a két pólust összekötő egyenes irányából vagy az arra merőleges irányból végezzük. A pólusokat összekötő egyenes (homogén mágneses tér esetén) az erővonalakat adja meg; az első esetben tehát az erővonalakkal párhuzamos irányból végezzük megfigyeléseinket, amit gyakorlatilag úgy tudunk megoldani, hogy a mágnest ebből az irányból kifúrjuk. Ha a fényforrást e lyukon keresztül figyeljük meg, csupán két vonalat kapunk, amelyek azonban egymással ellentétes cirkuláris polározottságot mutatnak. Ha a fényforrást az erővonalakra merőleges irányból figyeljük meg, úgy három vonalat kapunk, melyek közül a két szélső lineárisan polározott és polározási síkjuk merőleges a mágneses erővonalakra. A középső vonal, mely ugyancsak lineárisan polározott és az eredeti vonal (mágneses tér nélkül észlelhető) helyén van, polározási síkja azonban párhuzamos a mágneses erővonalakkal.

A csillag általános mágneses tere következtében ez a jelenség izzó légkörének színeképeiben teljesen hasonló módon jelent-

kezik. Ha a távcsőben a csillag-korongot annyira le tudnánk takarni, hogy felületének csak kis részéről kilépő sugarak színképét észleljük, úgy kedvező esetben azt is el tudnánk érni, hogy megfigyeléseinket a fénykibocsátó (vagy elnyelő) rétegen áthaladó mágneses erővonalakkal párhuzamos, vagy arra merőleges irányból végezzük. A csillag felületének különböző részein a Zeeman-effektus ennek a két főhelyzetnek a keverékéből áll. Valójában a csillag óriási távolsága miatt, felületének felénk eső részén fellépő összes lehetséges effektust szinképelemző készülékünkben egyszerre tudjuk csak megfigyelni. Emellett még a Wilson-hegyi 2,5 méteres reflektorra szerelt spektográf felbontóképessége is viszonylag olyan kicsi, hogy a Zeeman-hasadás legkedvezőbb esetében sem volna észlelhető két vagy három szeparálható vonalként, hanem összefolyónak és csupán a vonalak kiszélesedését, elmosódottságát okozzák. Az effektus így első pillantásra hasonló lesz a csillag tengelyforgása miatt fellépő Doppler-effektushoz.* Ez utóbbi azonban mindenfajta elem szinképvonalain azonosan lép fel, míg a Zeeman-effektus elsősorban fémvonalakon (vas, króm, europium, magnézium stb.).

Sikerült azonban a csillagok szinképében fellépő Zeeman-effektust a spektográf elé helyezett ú. n. negyed-hullámhossz lemez segítségével kimutatni és az effektus nagyságából a csillag mágneses terére következtetni. Mint említettük, a mágneses tér irányában fellépő Zeeman-hasadás két ellenkező polaritású cirkulárisan poláros vonalból áll. Ha a csillag mágneses pólusa pontosan a látóvonalba esik, akkor a csillag felületének java-része ezzel az effektussal sugároz felénk. Ismeretes továbbá, hogy a kettősen törő kristályok, amilyen pl. gipsz, vagy a mica (csillámpala), az optikai tengelyre merőlegesen beeső cirkulárisan poláros fénysugarat két egymásra merőleges, lineárisan poláros összetevőre bontja. Az egyik összetevő a kristály optikai tengelyének irányában, a másik erre merőlegesen rezeg. A két rezgés fázisa azonban egymástól a belépéskor 90° -kal különbözik. Amikor tehát az egyik rezgés maximális kitérésben van, a reá merőleges rezgés kitérése zérus. A kristály belsejében azonban a két összetevő terjedési sebessége nem egyforma. Az optikai tengelyre merőleges rezgés terjedési sebessége kisebb és így hullámhossza rövidebb. A két rezgés fázisa tehát a kristály belsejében megtett út hosszától függően változik. Lesznek a kristály belsejében olyan helyek, ahol a két rezgés fázisa megegyezik. Az ilyen rezgések eredője azonban mindig síkban poláros lesz. A kristály vastagságát igen gondos csiszolással olyanra készíthetjük, hogy

* Csillagászati évkönyv 1953. 204. oldal.

a fény éppen ebben a fázisban lépjen ki. Az ilyen vastagságúra csiszolt csillámpalát (vagy más alkalmas kettősen törő kristályt) negyed-hullámhossz lemeznek nevezzük.

A Zeeman-effektus két, egymással ellentétes forgású cirkulárisan poláros, összetevőjét negyed-hullámhossz lemezen átvetve, mind a kettőből lineárisan poláros fény lesz, melyeknek rezgési síkjuk azonban egymásra merőleges. Így a kristály után helyezett polarizátorral elérhetjük, hogy az egyik vagy a másik összetevőt a fény további útjából kiküszöböljük.

Egy csillag színeképében a Zeeman-hasadás két vonala egymáshoz olyan közel van, hogy kontúrjai egymásba borulnak és így távolságuk nem állapítható meg. Ha azonban közbe helyezzünk negyed-hullámhossz lemezt és polarizátort, akkor a polarizátor forgatásával tehát elérjük, hogy a felbontatlan kettős vonalból vagy az egyik, vagy a másik kiesik. Ezzel egyidejűleg azonban a vonalkontúr maximumának helye (súlypontja) eltolódik. Ez az eltolódás pontosan a Zeeman-hasadás nagyságának felel meg. Az elméleti vizsgálat azt mutatja, hogy az így észlelt Zeeman-effektus az előbbieken tárgyalt kettős vonal (tehát nem a hármas vonal, amelyeket az erővonalakra merőleges irányból észlelünk). E számítások alapján tehát a csillag mágnesességére reális értéket kapunk.

A legfeltűnőbb mágneses teret a 78 Virginis jelzésű csillagon fedezték fel. E csillagnál a Wilson-hegyi csillagvizsgáló 2,5 méteres tükrére szerelt spektográffal készített felvételeken a vonalkontúrok súlypontjának eltolódása az 1/10 mm-t is meghaladja. Később ezeknek a mágneses csillagoknak a száma megnövekedett, sőt találtak közöttük olyanokat is, melyek mágneses tere periodikusan változik (ilyen csillagok: α CVen, γ Equ., β CBor., BD-18,3789). Igen érdekes, hogy ez utóbbi csillagnál, mely csak a déli féltekéről figyelhető meg, a mágneses tér változásával együtt fényváltozást is sikerült kimutatni. Ezeknek a változásoknak az okát azoknak az elméleteknek az alapján tudjuk megértetni, amelyek a csillagok mágneses terének eredetére vonatkoznak.

A legelső ilyen elmélet szerint a csillag felületéről az elektronok távoznak a világűrbe, mivel hőmozgásuk miatt sebességük elegendő nagy ahhoz, hogy a Nap vagy a csillag tömegvonzási terét elhagyják. Az elektronvesztés miatt a csillag azonban pozitív töltést nyer, ami a további elektronvesztést megakadályozza. A pozitív töltésű csillag forgása alkalmával a fizika törvényei értelmében mágneses tér lép fel. Az ily módon elméletileg levezetett mágneses tér erőssége azonban több nagyságrendben különbözik attól, amelyet a Napon vagy a Földön

figyelünk meg. Lehetséges, hogy egyes igen magas hőmérsékletű csillagok légkörében kedvezőbb a helyzet, azonban az elmélet irányirányú kidolgozása igen bizonytalan.

Egy másik elmélet, a mágnesség eredetére vonatkozólag, közvetlen összefüggést tételez fel a csillag forgása és mágneses tere között. Ez az elmélet Blackett angol fizikustól származik. Szerinte természeti törvény az, hogy a forgást jellemző ú. n. impulzus momentumhoz elektromosan semleges test esetében is tartozik mágneses momentum (hasonlóan egyes elemi részek spinjéhez). Nagy nehézsége ennek az elméletnek, hogy fenti megfogalmazásban a fizika ma ismert törvényeivel nem egyeztethető össze. Az elmélet tapasztalatai alapját az a körülmény adja, hogy a Nap és a Föld és a 78 Virginis impulzus-momentum és mágneses momentum hányadosa állandó. Nem kétséges az, hogy a csillagok mágneses momentuma és impulzus-momentuma között összefüggésnek kell lennie, azonban nem valószínű, hogy eddig még nem ismert természeti törvényről van szó, hanem levezethető lesz az erősen ionizált gázok dinamikájából, a hidrodinamika és az elektrodinamika törvényeinek felhasználásával. Számos elméleti vizsgálat kimutatta már, hogy az erősen ionizált, de elektromosan semleges gázban, pusztán mechanikai folyamatok (diffúzió, hővezetés, turbulencia) következtében, az ionok és az elektronok különböző sebessége miatt spontán mágneses tér lép fel. Egy ilyen dinamikai rendszert a legújabb irodalomban plazmának neveznek. Jelenleg még nincs biztos tudomásunk arról, hogy a plazma mágneses terét sikerült volna kísérletileg kimutatni.

A további elméletek is mind a mágnességet a csillag forgásából akarják levezetni. A nehézség azonban az, hogy a mágneses tengely minden valószínűség szerint nem esik össze a forgástengellyel. Mint ismeretes a Földön a két tengely egymással $1,5^\circ$ -öt zár be. A Napnál valószínűleg 6° -ot. Ha ezt általános érvényű törvénynek tekintjük a csillagokra is, úgy nehéz elképzelnünk egy egyszerű összefüggést a tengelyforgás és a mágnesség között. Legfeljebb bizonyos összetevők lehetnek kapcsolatban egymással, ez azonban igen valószínűtlen. Ha a csillag mágneses tengelye nem esik össze a forgás tengelyével, úgy a tőlünk észlelhető mágneses effektus változik aszerint, hogy a mágneses tengely hogyan helyezkedik el a látóvonalhoz képest. Ily módon értelmezni lehet a mágneses változó csillagokat, amelyek tehát valójában nem volnának változók, csupán a tengely látszólagos helyzete lesz más és más.

A mágneses változó csillagoknak egy ilyen elmélete azonban bizonyos ellentétbe kerül a megfigyelésekkel. A megfigyelések

szerint ugyanis nemcsak a mágneses tér megfigyelt effektusa változik, hanem egyes elemek színekpóvonalainak fényessége is. Legfeltűnőbb ez az Eu II és Cr II vonalain, mert ezek fényessége ellentétes ütemben változik. Az α CV-n végzett megfigyelések szerint midőn a mágneses térnek maximuma van (5000 Gauss), az eurórium vonalai is maximális fényességűek, a króm vonalai azonban minimális fényességűek. Félperiódus után, a mágneses effektus minimumában, a helyzet fordított lesz. Ennek a jelenségnek elméleti értelmezése igen nehézkes, amennyiben azt kell feltételeznünk, hogy a két különböző elem, különböző mágneses viselkedésük miatt (a króm paramágneses, az eurórium diamágneses) az ellentétes pólusokra koncentrálódik. Ha pl. az északi pólusról jövő fényt tudjuk csak megfigyelni, úgy az eurórium vonalaiban észlelünk maximumot, ha viszont a délit, úgy a króm vonalaiban. A különböző elemeknek egy ilyen szeparációját azonban nem lehetséges elméletileg megmagyarázni.

A mágneses változócsillagoknak van egy sokkal elfogadhatóbb elmélete. Eszerint a mágneses tér változása nem látszólagos, hanem a csillagban fellépő olyan váltakozó irányú elektromos áramoktól származik, amelyek a mágneses erővonalak mentén vibrálnak. Egy ilyen elmélet, bármennyire idegenszerűnek is látszik, mégis jól összeegyeztethető a hidromechanikai és az elektrodinamikai jelenségekkel. E szerint a csillag mechanikai pulzációt is végez, amely azonban igen kisméretű a mágneses jelenségekhez képest. Az elméletnek ez a következtetése a megfigyelésekkel igen jól megegyezik.

Azok a csillagok, amelyeknél eddig mágneses teret sikerült kimutatni, mind B, A típusú színekpóosztályhoz tartoznak. Ugyanekhez az osztályokhoz tartoznak azok a csillagok is, amelyeknek tengelyforgási sebességük rendkívül nagy.

Csada Imre

A HÁROMTESTPROBLÉMÁRÓL

Joggal sorolhatjuk a tudományok történetének leghíresebb kérdései közé a háromtestproblémát, melynek megoldására a legkiválóbb tudósok immár több mint két évszázadon át annyi energiát fordítottak, és amely ennek ellenére lényegében mégis mindmáig megoldatlan maradt. A közvetlenül, vagy közvetve vele foglalkozó szakirodalom megtöltene egy kisebb könyvtárat. Mindazonáltal a csillagászat iránt érdeklődő magyar olvasóközönség úgyszólván egyáltalán nincs tájékoztatva róla. E hiányosság csökkentésére ebben a cikkben arról lesz szó, hogy mi a háromtestprobléma; azonkívül vázlatosan ismertetünk néhány fontos és szép eredményt, annak illusztrálására, hogy a probléma megoldása eddig mennyire haladt előre. Az olvasó az itt következők alapján fogalmat alkothat arról, hogy miért olyan nehéz a háromtestprobléma.

Ismeretes, hogy a klasszikus csillagászat központi témája általában az égitestek mozgásának, de különösen a bolygók és a Hold látszólag oly szabálytalan mozgásjelenségeinek tanulmányozása volt. Több évezredig tartott, míg az összegyűlt megfigyelési anyagból — elsősorban Arisztarchosz, Ptolemaiosz, Kopernikusz és Tycho Brahe munkássága eredményeit felhasználva — Keplernek sikerült kihámozni a bolygók valódi mozgásának főbb törvényszerűségeit, melyeket azóta Kepler-törvényeknek nevezünk:

I. A bolygók olyan ellipszis alakú pályákon keringenek a Nap körül, melyeknek egyik gyújtópontjában van a Nap. —

II. A Naptól az egyes bolygókhoz húzott vezérsugarak egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrolnak.

III. Az egyes bolygók keringési idejének négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a Naptól való középtávolságuk köbei.

Mindjárt megjegyezzük, hogy ezek a törvények szigorúan csak akkor volnának érvényesek, ha a Napnak csak egy bolygója lenne.

Mármost a Kepler-törvények csupán a bolygómozgást írják

le, vagyis a megfigyelések alapján egyszerűen megállapítják, hogy hogyan mozognak a bolygók. Azonban nem adnak felvilágosítást arra az alapvetően fontos kérdésre, hogy a mozgás miért éppen így folyik le, hogy mi okozza pont ezeket a mozgásjelenségeket. Ma már tudjuk, hogy ez az ok az általános tömegvonzás törvényében keresendő, melynek felfedezése minden idők egyik legnagyobb természettudósa, Newton nevéhez fűződik: bármely két tömegpont a tömegek szorzatával egyenesen, távolságuk négyzetével fordítva arányos erővel vonzza egymást. Ha tehát m_1 és m_2 a pontok tömege, r pedig távolságuk, akkor az F vonzóerő $f m_1 m_2 / r^2$ ahol $f = 6,665 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ sec}^{-2}$ az általános tömegvonzás állandója.

Ez a törvény gömbszimmetrikus sűrűségeloszlású gömbalakú testekre is érvényes, ha távolságukon középpontjaik távolságát értjük; így igen jó közelítéssel érvényes a Nap és egy bolygó esetére is. De mivel a Napnak mai ismereteink szerint 9 nagybolygója van, minden egyes bolygót nemcsak a Nap, hanem a többi 8 bolygó is vonzza, nem is szólva a Naprendszerhez tartozó számos kisebb égitestről, a bolygók holdjairól, a kisbolygókról, az üstökösökről, vagy a Naprendszeren kívüli nagytömegű, de igen távoli égitestekről. A Nap vonzóereje azonban annyira dominál, hogy az összes többi hatások első közelítésben elhanyagolhatók, mondjuk egy-két hónapnyi időtartamra. De ha a bolygók mozgását hosszabb időközben vizsgáljuk, a második közelítésnél már a legközelebbi és legnagyobb tömegű égitestek „zavaró” vonzóhatását is figyelembe kell venni. Hasonló a helyzet a Nap-Föld-Hold rendszer esetében is, ahol azt mondhatjuk, hogy a Holdnak a Föld körüli keringését a Nap perturbálja, mégpedig igen komplikált módon.

Az imént említett bolygó- és holdprobléma voltak az égi mechanika gyakorlati szempontból legfontosabb területei: egyéb idetartozó témák a bolygók holdjainak mozgásjelenségei, a kisbolygók és az üstökösök pályaszámítása stb. Ezekről elmondhatjuk, hogy a XIX. század végéig csillagászatilag kielégítő megoldást nyertek, főleg Newton, Clairaut, d'Alembert, Euler, Lambert, Lagrange, Laplace, Poisson, Gauss, Adams, Leverrier, Delaunay, Hansen, Cauchy, Gylden, Hill, Brown, Darwin, Newcomb, Tisserand és Poincaré kutatásainak eredményeként. Ily módon a bolygók vagy a Hold helyzetét párszáz évre előre, vagy hátra pontosan ki tudjuk számítani. Ezekkel a kérdésekkel azonban most nem foglalkozhatunk bővebben. Felhívjuk az olvasó figyelmét arra, hogy a Naprendszer perturbációinak és egyáltalán a vonzóhatásoknak igen szemléletes fizikai szellemű tárgyalása található dr. Detre László most készülő könyvében.

Ebben a cikkben minket elsősorban elméleti, pontosabban szólva, elvi kérdések érdekelnek. A fenti témakörnél — mint említettük — a megoldás ugyanis csak azt jelenti, hogy bizonyos jól kidolgozott, mindazonáltal többnyire rendkívül bonyolult és hosszadalmas módszerek segítségével néhány száz év minden pillanatára meg tudjuk állapítani az illető égitest pontos tartózkodási helyét. De, hogy pl. 100 millió esztendő múlva hol lesz a Mars bolygó, azt a ma rendelkezésünkre álló ismeretek alapján nem tudjuk megmondani. Valaki talán azt kérdezhetné, hogy ugyan kit érdekel az ilyesmi? Bizonyára minden gondolkodó embert! Tegyük fel például, hogy a földpálya nagytengelye a többi bolygó okozta perturbációk következtében az idők folyamán úgy változna meg, hogy kétszer olyan messzire kerülnénk a Naptól, mint most vagyunk: akkor a napsugárzás intenzitása a negyedére csökkenne. Vagy gondoljuk el, hogy a földpálya excentricitása lényegesen megnövekszik. Ezt a változást az évszakok közötti különbségek módosulásán éreznék meg. (Jelenleg az évszakok közötti különbségeket főleg a Föld tengelyhajlása okozza.) A Milankovics-féle jégkorszak elmélet éppen ilyen jellegű hatásokra vezeti vissza a jégkorszakok bekövetkezését. De tovább is mehetünk. A priori elképzelhető, hogy valamelyik bolygó évmilliárdok múlva egyszerűen elhagyja a Naprendszer. Megjegyezzük azonban, hogy a mi Naprendszerünknel ez a veszély minden valószínűség szerint nem áll fenn, vagyis a Nap és a bolygók stabilis dinamikai rendszert képeznek. Azt sem nehéz megérteni, hogy milyen döntő jelentőségű lenne a kozmogónia részére, ha ismernők a bolygók mozgásának távoli múltját.

Elvi szempontból azonban nemcsak a mi Naprendszerünk érdekes, hanem minden más bolygórendszer, és absztrahálva egyáltalán minden gravitáló pontrendszer is. Ezzel eljutottunk az általános n -testproblémához, mely így hangzik: *Adva van n tömegpont, melyek Newton gravitációs törvénye szerint vonzzák egymást.* Egy adott pillanatban a tömegpontok tetszőlegesen helyezkednek el a térben és tetszőleges sebességekkel rendelkeznek. Meghatározandó a tömegpontok mozgásának múltja és jövője.* Ha $n = 2$, a kéttestproblémáról, ha $n = 3$, a háromtestproblémáról van szó. Mi most főleg az utóbbival fogunk foglalkozni.

Fogalmazzuk meg matematikailag a háromtestproblémát. Egy pontrendszer mozgásjelenségeit nyilván úgy írhatjuk le, hogy megadjuk az egyes pontok valamilyen koordinátarend-

* Tehát nem vesszük figyelembe a relativitáselméletből következő módosításokat.

szerben vett koordinátáinak az időtől való függését. De hogyan határozhatjuk meg ezeket a függvényeket? Vegyünk fel egy tet-
szőleges inerciálrendszert, vagyis egy olyan (derékszögű) koor-
dinátarendszert, melyben érvényesek a Newton-féle klasszikus
mechanika törvényei. Jelöljük a pontokat M_1 , M_2 és M_3 -mal, a
megfelelő tömegeket m_i -vel, ($i = 1, 2, 3$), az egyes pontok de-
rékszögű koordinátáit x_i, y_i, z_i -vel, végül M_i és M_j ($j \neq i$) távol-
ságát, vagyis a $\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2}$ kifejezést r_{ij} -vel.
Tekintsük például az M_1 pontot. Newton szerint e pont tömegé-
nek és gyorsulásának szorzata egyenlő a reá ható erők összegé-
vel. Mozgásegyenleteihez ezért úgy jutunk el, ha ezt az össze-
függést mindhárom komponensre felírjuk. Az M_2 pont vonzó-
erejének nagysága $f \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}$ és iránya M_1 -től M_2 felé mutat, az M_3

pont vonzóerejének nagysága $f \frac{m_1 m_3}{r_{13}^2}$ és iránya M_1 -től M_3 felé
mutat. Ezen erők derékszögű komponenseit úgy kapjuk meg,
hogy az erő nagyságát megszorozzuk a megfelelő koordinátaten-
gely és az erő iránya közötti szög koszinuszával. A szóbanforgó
iránykoszinuszok $\frac{x_2 - x_1}{r_{12}}, \dots, \frac{z_3 - z_1}{r_{13}}$. Minthogy az M_1 pont gyorsu-
lásának minden komponense megegyezik a megfelelő koor-
dináta idő szerinti második differenciálhányadosával, a mondottak
alapján felírhatjuk a következő mozgásegyenleteket:

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} = f m_1 m_2 \frac{x_2 - x_1}{r_{12}^3} + f m_1 m_3 \frac{x_3 - x_1}{r_{13}^3},$$

$$m_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} = f m_1 m_2 \frac{y_2 - y_1}{r_{12}^3} + f m_1 m_3 \frac{y_3 - y_1}{r_{13}^3},$$

$$m_1 \frac{d^2 z_1}{dt^2} = f m_1 m_2 \frac{z_2 - z_1}{r_{12}^3} + f m_1 m_3 \frac{z_3 - z_1}{r_{13}^3},$$

ahol még m_1 -gyel egyszerűsíthetünk. Ugyanígy kapjuk meg az
 M_2 és M_3 pont 3—3 mozgásegyenletét is. A háromtestproblémát
tehát 9 másodrendű differenciálegyenlet írja le matematikailag,
ami azt jelenti, hogy a 3 tömegpont mozgását kifejező 9 darab
 $x_i(t), y_i(t), z_i(t)$ függvény kielégíti ezt a differenciálegyenletrend-
szert, és fordítva, minden olyan 9 függvény, amely kielégíti a
fenti differenciálegyenleteket, a háromtestprobléma egyik le-
hetséges mozgását jellemzi. A háromtestprobléma teljes meg-

oldását tehát ezen differenciálegyenletrendszer összes megoldásainak ismerete jelenti. Az a kérdés, hogy meg tudjuk-e határozni ezeket a függvényeket. Előrebocsátjuk, hogy a matematikai tudományok mai állása mellett ez nem lehetséges; de mielőtt ezt részletesebben megmagyarázhatnánk, más dolgokkal is meg kell ismerkednünk.

Mindhogy mozgásegyenletek gyanánt 9 másodrendű differenciálegyenletet kaptunk, melyeket egyébként 18 elsőrendű differenciálegyenlettel helyettesíthetnénk, azt mondjuk, hogy a háromtestprobléma rendszáma 18. Régóta tudjuk, hogy ez a rendszám lényegesen csökkenthető. A mechanika alaptörvényei szerint ugyanis egy olyan konzervatív pontrendszernél, melyre külső erők nem hatnak, az összenergia, az összimpulzus és az összimpulzusmomentum állandó. Ez tulajdonképpen egy fizikai tény, de természetesen matematikailag is következik a mozgásegyenletekből. Hogy a szóbanforgó mennyiségek értéke nem függ az időtől, matematikailag azt jelenti, hogy az egyes tömegpontok koordinátáiból, valamint sebességeik komponenseiből alkotott bizonyos kifejezések, melyeket integráloknak nevezünk, nem változnak t -vel, ha az ott szereplő változók helyébe a mozgásegyenletek egy tetszőleges megoldását helyettesítjük. Ezen kifejezések az *energiaintegrál*:

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 m_i \left\{ \left(\frac{dx_i}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy_i}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz_i}{dt} \right)^2 \right\} + V = \text{állandó},$$

ahol V a rendszer potenciális energiája, mely a háromtestproblémánál

$$-f \frac{m_1 m_2}{r_{12}} - f \frac{m_2 m_3}{r_{23}} - f \frac{m_3 m_1}{r_{31}};$$

a 6 *impulzusintegrál*:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^3 m_i \frac{dx_i}{dt} &= \text{állandó}, & \sum_{i=1}^3 m_i x_i - t \sum_{i=1}^3 m_i \frac{dx_i}{dt} &= \text{állandó}, \\ \sum_{i=1}^3 m_i \frac{dy_i}{dt} &= \text{állandó}, & \sum_{i=1}^3 m_i y_i - t \sum_{i=1}^3 m_i \frac{dy_i}{dt} &= \text{állandó}, \\ \sum_{i=1}^3 m_i \frac{dz_i}{dt} &= \text{állandó}, & \sum_{i=1}^3 m_i z_i - t \sum_{i=1}^3 m_i \frac{dz_i}{dt} &= \text{állandó}, \end{aligned}$$

melyek azt jelentik, hogy a rendszer tömegközéppontja mindig egyenesvonalú egyenletes mozgást végez;

a 3 impulzusmomentumintegrál:

$$\sum_{i=1}^3 m_i \left(y_i \frac{dz_i}{dt} - z_i \frac{dy_i}{dt} \right) = \text{állandó},$$

$$\sum_{i=1}^3 m_i \left(z_i \frac{dx_i}{dt} - x_i \frac{dz_i}{dt} \right) = \text{állandó},$$

$$\sum_{i=1}^3 m_i \left(x_i \frac{dy_i}{dt} - y_i \frac{dx_i}{dt} \right) = \text{állandó}.$$

A jobboldalt szereplő állandók értéke természetesen attól függ, hogy milyen megoldásokat helyettesítünk az integrálokba. Mármost a differenciálegyenletrendszerek integráljainak általában az a jelentősége, hogy segítségükkel a probléma rendszáma csökkenthető. Hiszen a megoldásokról annyit máris tudunk, hogy kielégítik ezeket az összefüggéseket. Érthető tehát, hogy sokat próbálkoztak a háromtestprobléma további integráljainak keresésével. Annál is inkább, mivel a fent említett ú. n. klasszikus integrálok magáról a háromtestproblémáról tulajdonképpen igen keveset mondanak, mert létezésük a vizsgált pontrendszer általános tulajdonságain, nem pedig az erőtervény konkrét alakján múlik. Ezek a kísérletek azonban meddőnek bizonyultak. Azt viszont tudjuk már, hogy a hiányzó integrálok sokkal bonyolultabb alakúak a klasszikus integráloknál, mert Bruns és Poincaré a múlt század végén bebizonyították bizonyos típusú további integrálok létezésének lehetetlenségét.

Említettük már, hogy a háromtestprobléma rendszáma az ismert integrálok alapján csökkenthető. Lagrange egy 1772-ben megjelent rendkívül fontos munkájában ezt a redukciót tényleg el is végezte, amennyiben kimutatta, hogy a háromtestprobléma megoldásához elegendő egy 2 másodrendű és 1 harmadrendű differenciálegyenletből álló rendszert megoldani, melyben mint ismeretlen függvény lényegében csak a tömegpontok alkotta háromszög 3 oldala szerepel. Ha ezt a differenciálegyenletrendszert meg tudnánk oldani, a tömegpontok helyzetének jellemzéséhez szükséges további mennyiségeket közönséges integrálással, vagy ahogy mondani szokás, kvadraturával nyerhetnénk. Lagrange tehát a háromtestprobléma rendszámát 7-re csökkentette. Ezt a redukciót azóta különböző szempontokból ki-

indulva sokan más alakban is elvégezték, mégpedig általában csak 8-ad rendig. Az energiaintegrált ugyanis többnyire nem használták fel a redukcióhoz, mivel ez igen bonyolulttá tenné az új differenciálegyenleteket. Az idő kiküszöbölésével elvileg még eggyel csökkenthető a háromtestprobléma rendszáma, mikor is az így kapott egyenletek csak a mozgás pályáit írják le, és a mozgás időbeli lefolyását utólag kell megállapítani. Ezek a más és más alakban nyert differenciálegyenletek azonban még mindig annyira komplikáltak, hogy megoldásukról szó sem lehet abban az értelemben, ahogyan például a kéttestproblémát meg tudjuk oldani. Talán nem lesz felesleges, ha most egy kicsit kitérünk azokra a körülményekre, amelyek a kéttestproblémát összehasonlíthatatlanul egyszerűbbé teszik.

Először is az impulzusmomentumintegrálok felhasználásával könnyen be lehet bizonyítani, hogy a kéttestprobléma minden megoldása síkgörbét ad. A koordinátarendszer alkalmas megválasztásával tehát elérhetjük, hogy például a z_1 és z_2 koordináta mindig 0 legyen. Ha most relatív koordinátákat vezetünk be, vagyis a „bolygó” mozgását a „Napra” vonatkoztatjuk, már csak két ismeretlen függvényünk marad, t. i.

$$x = x_1 - x_2 \text{ és } y = y_1 - y_2.*$$

A megfelelő mozgásegyenletek:

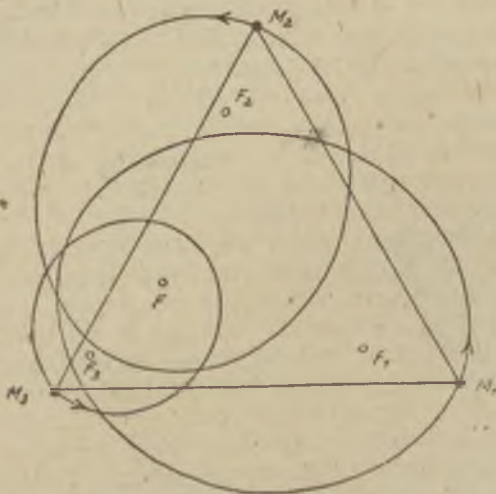
$$\frac{d^2x}{dt^2} = -f \mu \frac{x}{r^3}, \quad \frac{d^2y}{dt^2} = -f \mu \frac{y}{r^3}, \text{ ahol}$$

$\mu = m_1 + m_2$ és így a probléma rendszáma 4-re csökkent. Ez a differenciálegyenletrendszer már olyan egyszerű, hogy többféleképpen is könnyen integrálható. Mint ismeretes, minden pályagörbe kúpszelet, tehát ellipszis, parabola, vagy hiperbola. Az egyes esetek előfordulásának feltételét könnyen megadhatjuk. Ha a bolygó r távolságra van a Naptól, és v kezdősebességgel rendelkezik, akkor pályája abban az esetben lesz ellipszis, mikor $v^2 < 2f\mu/r$, parabola, mikor $v^2 = 2f\mu/r$, és hiperbola, mikor $v^2 > 2f\mu/r$. Mindez akkor érvényes, ha az impulzusmomentum nem 0. Ha az impulzusmomentum 0, vagyis r és v iránya megegyezik, vagy pedig v zérus, a pálya egyenes lesz, melyet elfajult kúpszeletnek tekinthetünk. Az ilyen mozgás általában ütközéshez vezet. Ami a mozgás időbeli lefolyását illeti, azt az elliptikus esetben a Kepler-egyenlet szabályozza, aránylag egyszerű módon. Mint minden dinamikai problémánál, itt is egyszerűbb az időt megadni, mint a koordináták függvényét, holott gyakorlatilag a koordinátákat kell az idő függvényeiként előállí-

* Itt lényegében az impulzusintegrálokat használtuk ki.

tani. Ez a megfordítás a kététestproblémánál elég könnyen elvégezhető, míg más feladatoknál komoly nehézséget okozhat. De térjünk vissza a háromtestproblémára, mely most tulajdonképpen tárgyunkat képezi.

Felmerült a kérdés, hogy ha a háromtestprobléma a klaszikus értelemben nem is oldható meg teljes általánosságában, azért találhatunk-e egyszerűbb speciális megoldásokat? Lagrange már fent említett dolgozatában bebizonyította bizonyos elemi megoldások létezését. Így tette fel a kérdést, hogy van-e olyan megoldása a háromtestproblémának, melynél a tömegpontok egymástól való távolságának aránya a mozgás közben állandó, és azt találta, hogy ez csak kétféleképpen lehetséges. A szóbanforgó esetben a tömegpontok vagy mindig egy szabályos háromszöget alkotnak (1. ábra), melynek nagysága a moz-



1. ábra

gás közben általában változik, vagy pedig mindig egy (forgó) egyenes mentén helyezkednek el (2. ábra), melyen az egymás-



2. ábra

tól mért távolságok állandó aránya csupán a tömegek arányától függ. Az utóbbi megoldásokat már Euler is ismerte. A mozgás mindkét esetben úgy folyik le, mintha az egyes tömegpontokat csak egy-egy az F tömegközéppontban elhelyezett tömeg vonzaná. A pályák tehát hasonló, vagyis ugyanolyan excentricitású kúpszeletek, melyeknek egyik fókusz (F) a tömegközéppontba esik, míg a többi F_1 , F_2 , F_3 fókusz szintén egy szabályos háromszöget alkot, illetve egy egyenes mentén helyezkedik el. A pályagörbék egy fix síkba esnek.

Ezeknek a Lagrange-féle megoldásoknak az a fontos saját-sága van, hogy náluk a mozgás lefolyását — akár csak a kéttest-problémánál — pontosan ismerjük a $-\infty < t < +\infty$ intervallum-ban, az elliptikus megoldások pedig ezenkívül még nyilván pe-riódikusak is. Sokáig nem sikerült hasonló tulajdonságú további megoldásokat találni, és ezalatt lényegesen módosult egy dinami-kai rendszer, vagy ha úgy tetszik, egy differenciálegyenletrend-szer integrálhatóságának fogalma. Eleinte ugyanis akkor nevez-tek egy ilyen rendszert integrálhatónak, ha megoldása kvadra-turákra vezethető vissza. Ezután ahhoz, hogy megkapjuk a koordinátáknak az időtől való függését, a nyert implicit, de mindenesetre „véges” egyenleteket meg kell oldani a koordiná-tákra. Ilyen módszer alkalmazható például az ú. n. „Stäckel-féle dinamikai problémáknál. Ez a fogalom egyrészt túl szűknek, másrészt pedig túl bőnek bizonyult. Elvi szempontból ugyanis akkor oldottunk meg egy dinamikai problémát, ha valamilyen úton-módon jellemezni tudjuk az összes lehetséges mozgás-formákat, tehát például ismerjük a pályagörbék geometriai szerkezetét, továbbá a mozgás időbeli lefolyásának főbb saját-ságait. Mármost a fenti értelemben vett integrálhatóságnál nyert formulák ehhez általában igen nagy segítséget nyújtanak, de olyan bonyolultak is lehetnek, hogy minden diszkusszió lehe-tetlenné válik. Az ilyen esetben tehát hiába vezetjük vissza a problémát kvadraturákra, tulajdonképpen mégsem oldottuk meg. Másrészt az is előfordulhat, amint azt számos példa mutatja, hogy bár a probléma megoldását nem tudjuk formulákkal fel-írni, bizonyos módszerek révén mégis jó áttekintésünk van az összes lehetséges mozgásformákról.* Ezt a tényállást szem előtt tartva, nemigen lehet definiálni egy dinamikai probléma integ-rálhatóságának fogalmát. Poincaré ezzel kapcsolatban azt mon-dotta, hogy egy dinamikai rendszer általában sem integrálható, sem nem integrálható, hanem többé, vagy kevésbé integrálható.

* Az alkalmazásokhoz természetesen mégiscsak formulákra van szükségünk.

A fentiek alapján érthető, hogy a csillagászok és matematikusok figyelme mindinkább a háromtestprobléma azon sajátosságaira irányult, amelyek az explicit megoldás ismerete nélkül is megállapíthatók.

Lagrange a róla elnevezett speciális megoldásokkal kapcsolatban a következőket írta: „Ha a szóbanforgó esetek a Világmindenségben nem is valósulnak meg, mégis azt hiszem, hogy igényt tarthatnak a matematikusok figyelmére, mert képesek lesznek az általános háromtestprobléma megvilágítására”. Ma már ismerünk a Naprendszeren belül olyan eseteket, melyek legalább is közelítően a Lagrange-féle megoldásokat reprezentálják. Az ú. n. trójai csoport Priamus, Aeneas, Anchises, Nestor, Troilus, Patroclus, Ajax, Agamemnon, Achilles, Diomedes, Odysseus és Hektor nevű kisbolygóiról van szó;* ezek olyan pályákon keringenek a Nap körül, melyek nagysága körülbelül megegyezik a Jupiter-pálya nagyságával, oly módon, hogy a Nap-Jupiter-kisbolygó háromszög a mozgás közben nagyjából mindig egy szabályos háromszög marad. A Napról nézve tehát a Jupiter-kisbolygó szög állandóan $+60^\circ$, vagy -60° körülnek látszik. Másrészt a Lagrange-féle megoldások számos nagyjelentőségű elméleti vizsgálat kiindulópontjául szolgáltak. Már ő maga felvetette azt a kérdést, hogy vajjon miként alakulnak a tömegpontok mozgásviszonyai, ha a kezdeti értékek csak jó közelítéssel felelnek meg a szóbanforgó exakt megoldásoknak, mint mondjuk a trójai csoport kisbolygóinál. Kézenfekvő gondolat, hogy akkor a problémát az analízis ismert közelítő módszereivel, például kis mennyiségnek hatványai szerint haladó végtelen sorokkal lehet megoldani. Azóta bebizonyosodott, hogy ez a gondolat valóban kivitelezhető.

Mint hogy az általános háromtestprobléma tárgyalása sok tekintetben reménytelennek látszott, a 19. század közepe óta mind többen foglalkoztak az ú. n. redukált háromtestproblémával, mely ugyan lényegesen egyszerűbb az általánosnál, de mégis olyan szoros kapcsolatban áll vele, hogy a reá vonatkozó eredmények megfelelő általánosítása az általános háromtestproblémára vonatkozó ismereteinket is gyarapította.

Vegyük két olyan M_1 és M_2 tömegpontot, melyek egy síkban a kéttestprobléma egyik lehetséges megoldásaként körpályán keringenek közös tömegközéppontjuk körül, és tekintsünk egy harmadik M pontot, mely végtelenül kistömegű abban az értelemben, hogy M_1 és M_2 vonzza M -et, de M -nek M_1 -re és M_2 -re gyakorolt vonzóhatása teljesen elhanyagolható; meghatározandó

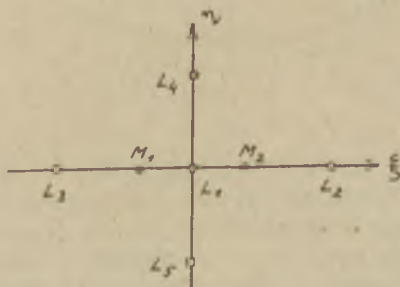
* 1949-ben felfedeztek két olyan újabb kisbolygót, melyek szintén a trójai csoportéhoz tartoznak, de még nincs nevük.

az M pont mozgásának lefolyása. Ezt a feladatot nevezzük redukált háromtestproblémának, mely lehet síkbeli, vagy térbeli, aszerint, hogy az M pont az adott síkban mozog-e, vagy sem. Poincaré a redukált háromtestproblémát az explicite nem integrálható dinamikai problémák prototípusának tekintette, és vizsgálataiban gyakran feltételezte, hogy M_1 tömege kicsiny M_2 tömegéhez képest, mikor is az M pont M_2 körüli mozgása egy aránylag egyszerű perturbációs problémaként kezelhető. Az analízis módszereit, de különösen a differenciálegyenletek elméletét továbbfejlesztve kimutatta, hogy a redukált háromtestproblémának a Lagrange-féle megoldásokon kívül — például azok közelében — végtelen sok periódikus megoldása van, továbbá bebizonyította olyan ú. n. aszimptotikus megoldások létezését, melyek valamilyen periódikus megoldáshoz tartanak, midőn $t \rightarrow +\infty$, vagy $t \rightarrow -\infty$. Poincaré munkásságának csak valamelyest értelmes ismertetése is messze meghaladná e cikk kereteit. Ezért a most következőkben szemléletesebb, és így könnyebben megközelíthető eredményekkel foglalkozunk.

Az olyan dinamikai problémáknál, ahol az explicit megoldásra irányuló kísérletek kilátástalannak mutatkoznak, gyakran célszerű a numerikus integráció módszeréhez folyamodni, melynek elve röviden a következőkben áll. Feltesszük, hogy egy adott pillanatra ismerjük a tömegpontok helyzetét és sebességét. Hogy az adott pillanatban ható erőket, vagy gyorsulásokat numerikusan kiszámíthassuk, csak a pontok tömegének és koordinátáinak ismeretére van szükségünk. Az így meghatározott gyorsulások és az adott sebességek értékéből kiszámíthatjuk a tömegpontok helyzetét a „következő pillanatra”. Ily módon eljárásunkat folytatva, a mozgásjelenség lefolyását lépésről lépésre tetszőleges pontossággal követhetjük. Ez a módszer különösen 1920—1930 között igen széleskörű alkalmazásra talált a redukált háromtestproblémára vonatkozó vizsgálatokban, melyeket főleg a koppenhágai csillagda számoló-intézetében végeztek E. Strömgren vezetésével. Megjegyzendő azonban, hogy bármilyen hasznos segéd-eszköz is a numerikus integráció, az ezen módszerrel elért eredmények nem adhatják meg egy dinamikai probléma teljes megoldását. Ha ugyanis egy adott időintervallumra kiszámítottuk valamelyik pálya alakját és a mozgás időbeli lefolyását, akkor a szóbanforgó időközben egyetlen mozgásforma numerikus leírása van birtokunkban, semmi több. Hogy miként alakult a mozgás a múltban, vagy hogyan fog alakulni a jövőben, még nem tudjuk megmondani. Hasonlóképpen nem ismerjük a többi lehetséges mozgásformákat sem. Azonban kivételes figyelmet érdemel az az

eset, amikor a mozgás periódikus. Ekkor ugyanis a megoldást egy perióduson át követve már ismeretessé válik a mozgás teljes időbeli lefolyása. A koppenhágai programm ezért elsősorban a periódikus megoldások felkeresésére irányult, és nyugodtan mondhatjuk, hogy a kutatás teljes sikerrel járt.

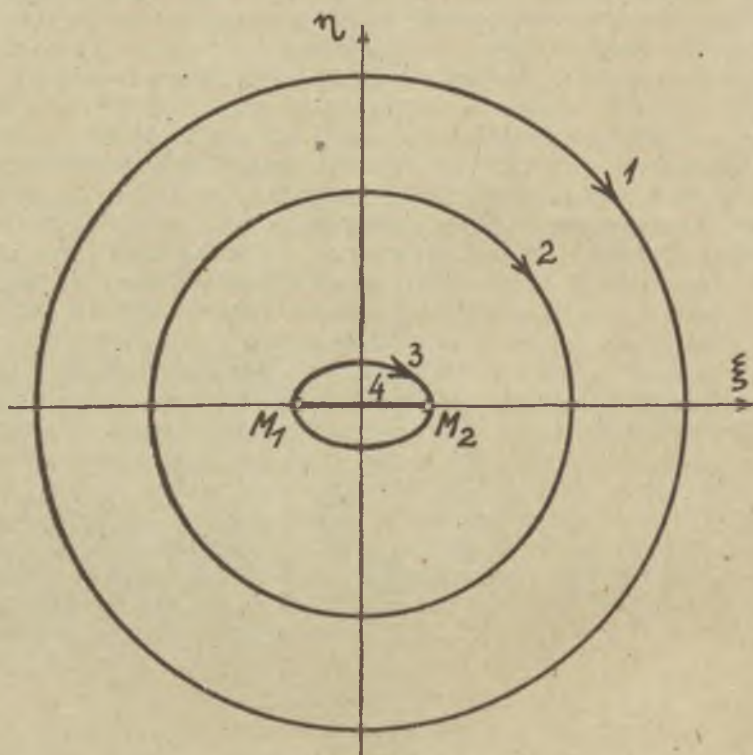
Lássuk, hogy a numerikus integráció alkalmazásával a síkbeli redukált háromtestprobléma milyen mozgásformáiról szereztünk tudomást. Mivel az M_1 és M_2 tömegpontok koncentrikus körpályákon keringenek a tömegközéppont körül, a mozgás tárgyalására olyan ξ , η forgó koordinátarendszert célszerű felvenni, melynek origója a tömegközéppontba esik, ξ tengelye pedig e tömegpontokhoz van rögzítve. Akkor a forgó koordinátarendszerben M_1 és M_2 -nek a ξ tengely menti helyzete változatlan, M pedig olyan pályát ír le, melyből a nyugvó x , y koordinátarendszerben leírt pályája könnyen rekonstruálható. Az egyszerűség kedvéért feltesszük, hogy $m_1 = m_2$, minek következtében az origóul választott tömegközéppont felezi az M_1, M_2 távolságot. A Lagrange-féle megoldások ismertetésénél mondtuk alapján világos, hogy M_1 és M_2 tetszőleges helyzetéhez 5 olyan pont található, mely a következő tulajdonsággal rendelkezik: ha ezen pontok egyikébe helyezzük el az M pontot, és megfelelő kezdősebességgel látjuk el, akkor az M_1, M_2, M geometriai alakzat (mely vagy szabályos háromszög, vagy pedig egyenes) mindig hasonló marad önmagához. Minthogy esetünkben M_1 és M_2 a nyugvó koordinátarendszerben azonos szögsebességgel körpályákon mozognak, M is ugyanilyen szögsebességű körmozgást végez, és így a forgó koordinátarendszerben elfoglalt helyzete szintén változatlan lesz. Ezt az 5 pontot librációs pontnak nevezzük, és a 3. ábrán L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 -tel jelöltük. Az L_1, L_2, L_3 , librációs



3. ábra

pontok szimmetrikus elhelyezkedése csak annak következménye, hogy most $m_1 = m_2$.

Tehát 7 olyan pontunk van, mely különleges szerepet játszik a redukált háromtestproblémánál, az 5 librációs pont, valamint az M_1 és M_2 pontok. Azt a programmot, melynek célja a periódikus megoldásokra vonatkozó ismereteink elmélyítése volt, éppen e megoldások és az említett pontok közötti kapcsolat szerint osztották fel. Olyan periódikus megoldásokat kerestek, me-

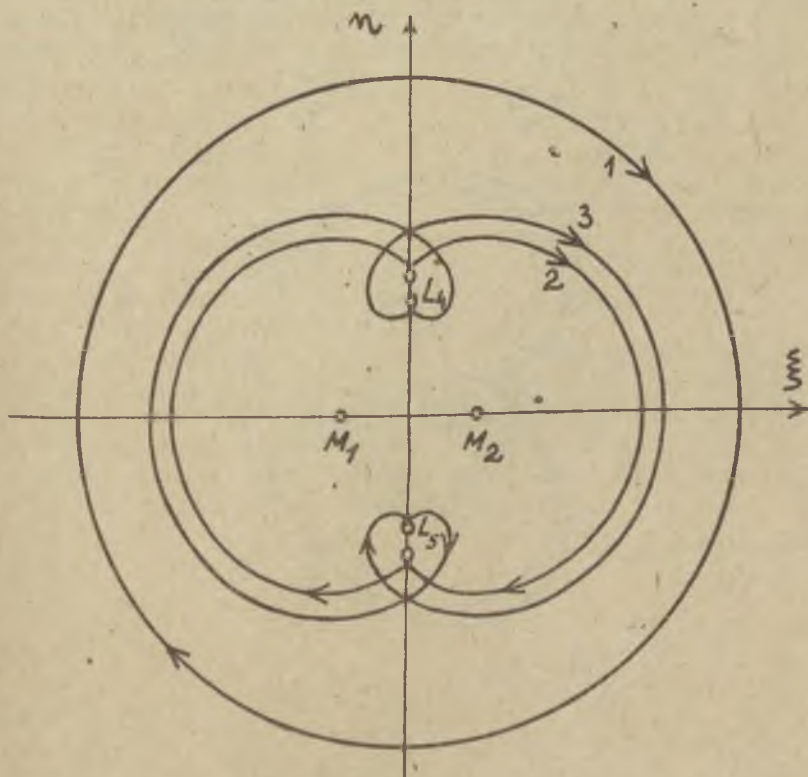


4. ábra

lyeknél a mozgás a librációs pontok, illetve a véges tömegpontok körül történik. Mindegyik esetben két lehetőséget kell diszkutálni, aszerint, hogy M mozgásának iránya a nyugvó koordináta-rendszerben megegyezik, vagy ellentétes a véges tömegpontok keringésének irányával. Az első eshetőséget direkt, a másodikat retrográd mozgásnak nevezzük. Mindezen mozgásformákat alaposan megvizsgálták, és közben olyan megoldásokra is bukkantak, melyekről azelőtt semmit sem tudtak.

A kutatás nem korlátozódott a periódikus megoldások ösz-

szes létező fajtáinak felkeresésére, hanem arra a fontos feladatra is kiterjedt, hogy ezek egymáshoz való viszonyát felfedje. Így az a rendkívül érdekes eredmény született, hogy a periódikus megoldások bizonyos osztályokba sorolhatók, melyeken belül az integrációs állandók változtatásával a megoldások „fejlődéséről” beszélhetünk. Ezt a körülményt több példával fogjuk illusztrálni.



5. ábra

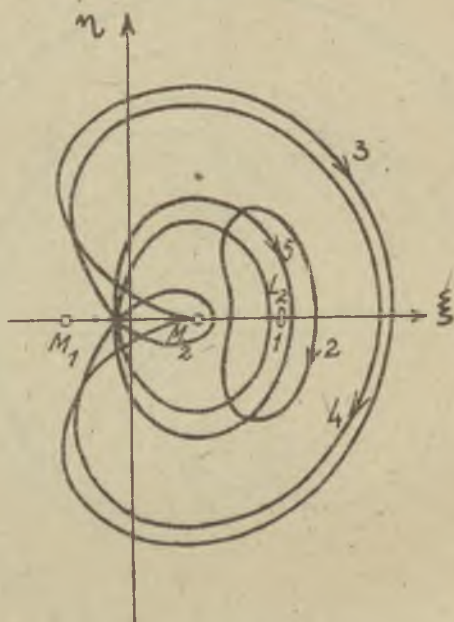
Megjegyezzük, hogy a redukált háromtestprobléma periódikus megoldásaiban talált szabályszerűségek matematikai tárgyalása a magyar származású Wintner Aurél nevéhez fűződik. Most pedig a teljességre való törekvés nélkül bemutatjuk a koppenhágai program néhány eredményét; az ábrák mind a forgó koordinátarendszerre vonatkoznak.

I. Retrográd periódikus pályák a véges tömegpontok körül, a nyugvó koordinátarendszerben is retrográd mozgással (4. ábra).

A középpont körül végtelen távolságban körpályák találhatók. Ha beljebb jövünk, a pályák belapulnak. Az osztály egy M_1 és M_2 közötti egyenesszakaszban végződik, amely mentén a M pont ide-oda vándorol. Tehát egy önmagában zárt pályaosztállyal van dolgunk, természetes kezdettel és véggel.

II. Retrográd periódikus pályák a véges tömegpontok körül, direkt mozgással a nyugvó koordinátarendszerben (5. ábra).

A középpont körül végtelen távolságban körpályák találhatók. Ha beljebb jövünk, a pályák belapulnak. Ettől kezdve azon-



6. ábra

ban lényeges különbségeket észlelünk az I. esethez képest. Először egy befelé irányuló bemélyedés jön létre, mely csúcsba alakul át, majd hurok képződik L_1 és L_5 közelében. Ezután mind kisebb és kisebb hurkok képződnek egymáson, mégpedig változva kifelé és befelé. Az osztály egy olyan pályában végződik, mely aszimptotikusan, mind kisebb hurkokkal L_1 és L_5 -be torlik, illetve onnan kicsavarodik. Ez is egy zárt pályaosztály.

III. Retrográd periódikus pályák (librációk) L_2 (ill. L_3) körül (6. ábra).

Az osztály a szóbanforgó librációs ponttal kezdődik, mely egy kis ellipszisbe, majd pedig egy a librációs pontot magába záró

bab-alakú görbébe megy át. Később egy ú. n. ejekciós pálya jön létre, melynek M_2 -nél hegyes csúcsa van; e pontban a mozgás sebessége végtelenné válik. Az ejekciós pálya után M_2 körül hurok képződik. Ez a hurok mind nagyobb lesz, az eredeti pálya pedig összezsugorodik, míg elérkezünk egy olyan görbéhez, ahol a két rész egybeesik. Innét kezdve a leírt jelenségek fordított sorrendben megismétlődnek; az osztály a kiindulási librációs pontban végződik. Tehát itt is egy zárt pályaosztályról van szó.

Az így illusztrált kutatási eredmények összefoglalása gyanánt elmondhatjuk, hogy az $m_1 = m_2$ eset periódikus megoldásainak minden lényeges vonásáról jó áttekintésünk van. Különböző körülmények arra mutatnak, hogy a talált megoldások (normális viszonyok mellett) kvalitatíve átvihetők a redukált háromtestprobléma összes $m_1 \neq m_2$ eseteire is, ami azt jelenti, hogy az $m_1 = m_2$ feltétel nem lényeges megszorítás. Sőt igen valószínűnek látszik, hogy a fenti eredmények — legalább is részben — a közönséges síkbeli háromtestproblémára is általánosíthatók. A térbeli háromtestprobléma mozgásviszonyai viszont lényegesen bonyolultabbnak látszanak.

Messze túllónénk a célon, ha itt valamelyes teljességre törekedve, a modern égi mechanika több ágát érinteni akarnánk. Attól félünk, hogy máris túlzott mértékben vettük igénybe az olvasó figyelmét. Ezért elnézését kérve, és abban a reményben, hogy érdeklődését sikerült felkelteni a háromtestprobléma iránt, be is fejezzük ezt az ízelítő jellegű ismertetést.

Izsák Imre

A SZOVJET CSILLAGÁSZAT ÚJ EREDMÉNYEI

Az 1953. évi szovjet csillagászati naptárban egy 62 oldalas tanulmány jelent meg, amelyet egy szerzői kollektíva (J. I. Jefremov, E. B. Kosztyakova, B. J. Levin, A. G. Maszjevics, Sz. V. Majeve, L. N. Radlova) írt a csillagászat (elsősorban természetesen a szovjet csillagászat) 1950-ben és 1951-ben elért eredményeiről.

Jelen összefoglalásom vezérfonalául ezt a cikket vettem. Kihagytam azon eredmények ismertetését (pl. a csillagtársulásokra, a csillagok stabilitására, az üstökösök fizikájára stb. vonatkozó elméletek), amelyeket az elmúlt évek során megjelent csillagászati évkönyvek már ismertettek. Ugyanakkor azonban több helyen kitérek az egyéb helyeken (könyvekben, gyűjteményes kiadványokban stb.) ismertetett újabb eredményekre is.

I. A BOLYGÓRENDSZER

1. A bolygók szerkezete

A csillagászok már a múltban is meglehetősen sokat foglalkoztak a bolygók felszíni viszonyaival és légkörének kémiai összetételével. Ezzel szemben kevés szó esett a bolygók szerkezetéről. Az idevonatkozó kutatásokat nagy mértékben megnehezíti az a tény, hogy aránylag még ma is keveset tudunk arról, hogy miképpen viselkednek az anyagok több százezer, esetleg több millió atmoszféra nyomás mellett. Tekintettel arra, hogy ennek a kérdésnek igen nagy kozmogóniai jelentősége van, a csillagászokat is erősen érdeklik a magas nyomások fizikájában elért újabb eredmények. A Szovjetunióban V. G. Feszenkov, A. G. Maszjevics és N. A. Kozirev, a nyugati államokban pedig Braun, Bullen és Ramsay foglalkoztak elsősorban a bolygók belső szerkezetének kérdésével.

Néhány évvel ezelőtt a fizikusoknak sikerült elméleti megfontolások és számítások segítségével meghatározni a hidrogén viselkedését igen magas nyomás mellett. Kiderült, hogy 700 000 atmoszféra nyomás mellett a hidrogén ugrásszerűleg fémes állapotba (fémfázis) megy át.

Ramsay ezekre a számításokra támaszkodott, amikor vizsgálni kezdte a földtípusú bolygók szerkezetét. Vizsgálatainál feltételezte, hogy a Föld sűrű központi magja nem vasból áll, hanem ugyanazokból az anyagokból van felépítve, mint a Föld külső rétegei. Kutatásai során azonban feltételezte azt is, hogy ezek az anyagok a magas nyomás alatt fémfázisba mentek át.

Ezzel kapcsolatban utalnunk kell arra, hogy V. N. Lodocshyikov már 1939-ben kimondta, hogy a Föld szerkezetét nem úgy kell elképzelnünk, mint egy különböző kémiai összetételű gömbhéjakból álló gömböt. Lodocshyikov már rámutatott arra, hogy a Föld középpontja felé közeledve nem annyira kémiai, mint inkább fizikai változásokkal kell számolnunk. Utalt arra is, hogy a különböző mélységi szintekben ezek a változások ugrásszerűen jelentkeznek.

A szeizmikus megfigyelésekből tudjuk, hogy a földmag határa 2900 km mélyen van. Miközben a Föld külső héja átmegy a Föld magjába, a Föld anyagának sűrűsége ugrásszerűen több mint másfélszeresére növekszik. A Föld magjának határánál a nyomás kb. 1 400 000 atm. Ramsay a bolygók anyagának fizikája szempontjából ezt a nyomást kritikus nyomásnak tekinti. Ha ezt a nyomást vesszük alapul, akkor arra a következtetésre kell jutnunk, hogy csak a Vénusznak lehet sűrűbb magja, a Merkurnak, a Marsnak és Holdnak viszont nem lehet sűrűbb magja, hiszen a nyomás még ezen égitestek középpontjában sem érheti el a kritikus értéket.

A földtípusú bolygók csoportján belül tehát sikerült kimutatni azt, hogy amilyen mértékben csökken a bolygók tömege, ugyanabban a mértékben csökken a bolygók közepes sűrűsége is. Az utóbbi érthető, hiszen ugyanabban a mértékben csökken a bolygók középpontjában a nyomás értéke is. Újra hangsúlyoznunk kell azt, hogy az alapfeltétel ezeknél a megfontolásoknál: a külső gömbhéjak és a belső mag kémiai összetétel szempontjából nem különböznek egymástól.

Magától értetődik azonban, hogy a Merkúr sűrűségének értelmezésénél nem lehet kizárólag erre a törvényszerűségekre támaszkodni. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a Merkúr sűrűségének kialakulásában döntő szerepet játszott a Naphoz való közelsége is.

Az óriásbolygók szerkezetével és kémiai felépítésével a szovjet

kutatók közül főképpen V. G. Feszenkov, A. G. Maszjevics és N. A. Kozirev foglalkoznak. Az említett kutatók a modern fizika eredményeit és így mindenekelőtt a magas nyomások mellett bekövetkezett állapotváltozásokat vették alapul megfontolásaiknál. Ismeretes, hogy a nyugati kutatók közül Wildt is sokat foglalkozott ezzel a kérdéssel. Wildt azonban az óriásbolygók modelljét három gömbhéjból építette fel és nem vette figyelembe a mélységben bekövetkező különleges nyomásviszonyok hatását.

A szovjet kutatók mindenekelőtt arra kerestek magyarázatot, hogy mi az oka annak az ellentmondásnak, miszerint a Jupiter közepes sűrűsége mindössze $1,33 \text{ gr/cm}^3$, holott a belsejében a nyomásnak, a számítások szerint, több millió atmoszférát kell elérnie. Ebből viszont feltétlenül arra kell következtetni, hogy a Jupiter felépítésében főképpen a hidrogén vesz részt. Tény azonban az is, hogy egy olyan modell, amely a Jupitert teljesen hidrogénből felépítettnek tételezi fel, nem elégítené ki a számításokat. Ha ugyanis figyelembe vesszük a bolygó tömegét és feltételezzük, hogy a Jupiter teljesen hidrogénből áll, a bolygó sugarának sokkal nagyobbnak kellene lennie. Feszenkov és Maszjevics számításai szerint a Jupiter felépítésében a hidrogénen kívül kb. 15–20 %-ban nehezebb elemek is részt vesznek. Szerintük a hidrogén százalékaránya kb. 80–85 %-ra vehető. Az említett kutatók hasonló eredményeket kaptak a Szaturnusszal kapcsolatban végzett számításaik során is.

Az óriásbolygók kémiai összetételének kérdése főképpen kozmogóniai szempontból nagyjelentőségű. A Jupiter és a Szaturnusz együttes tömege ugyanis az összes bolygók tömegének 99 %-a. Ha tehát pontosan megismerjük a két óriásbolygó kémiai összetételét, már nem lesz nehéz pontos következtetéseket levonni arra vonatkozólag, hogy milyen anyagból állt az a gáz- és porfelhő, amelyből a bolygók képződtek. Az a tény, hogy az óriásbolygók felépítésében olyan nagy szerephez jut a hidrogén, arra utal, hogy az a primér képződmény, amelyből a bolygók kialakultak, főleg gázokból állt, vagyis közeli rokonságot árul el a Nap általunk ismert jelenlegi összetételével.

A Jupiter kémiai összetételé azonban nem egyezik meg mégsem egészen pontosan a Nap kémiai összetételével. I. Sz. Sklovszkij rámutatott arra, hogy amennyiben a Jupiteren a szén és a hidrogén egymáshoz viszonyított aránya ugyanakkora lenne, mint a Napban, akkor a Jupiter színeképében feltétlenül észre kellene venni a molekuláris hidrogén gyenge vonalait. Az egyébként közismert tény, hogy a szén a hidrogénnel egyesülve metángáz alakjában fordul elő a Jupiter légkörében. Viszont a hidrogén

molekuláris vonalait nem sikerült kimutatni. Ez amellet tanuskodik, hogy a szénnek a hidrogénnel szembeni százalékaránya néhányszor nagyobb, mint a Napon.

Ramsay szintén végzett erre vonatkozóan számításokat. Szerinte a Jupiter 76%, a Szaturnusz pedig 62% hidrogént tartalmaz. Ezzel szemben a Szaturnusz sűrűsége ($0,71 \text{ gr/cm}^3$) jóval kisebb a Jupiter közepes sűrűségénél. Ez viszont azzal magyarázható, hogy a Szaturnusz tömege sokkal kisebb, és emiatt jóval kisebb a belsejében fellépő nyomás is. Az Uránusz és a Neptunusz felépítésében még kisebb szerepet tölt be a hidrogén. Erre vezethető vissza, hogy ez a két bolygó sűrűbb, mint a Jupiter és a Szaturnusz, annak ellenére, hogy a tömegük és a belsejükben uralkodó nyomás kisebb.

N. A. Kozirev is végzett számításokat a Jupiter belső szerkezetére vonatkozólag. Számításai során csak a bolygó sűrűségét és a középpontjában fellépő nyomást vette tekintetbe. Ilyen módon azt az eredményt kapta, hogy a bolygó anyagának csak kb. 25–40%-a hidrogén. Kozirev szerint tehát jóval kevesebb a hidrogén a Jupiteren, mint ahogy azt Feszenkov és Maszjevics feltételezik. Kozirev nyilván azért kapott lényegesen kisebb százaléértéket, mert nem vette figyelembe, hogy a bolygók belsejében nagy nyomás mellett az anyag ugrásszerűleg megy át a fémfázisba.

A Jupiter kémiai összetételére vonatkozó eddig ismertetett becslések során hallgatólagosan feltételeztük, hogy a Jupiter belseje hideg. Persze ezt a jelzöt nem szabad a szó szoros értelmében venni. Tudnunk kell ugyanis azt, hogy több tíz millió atm. nagyságrendű nyomás esetében néhány ezer, illetve több tízezer fokos hőmérséklet sem befolyásolja lényegesen az anyag sűrűségét.

A kérdés kapcsán még feltétlenül meg kell említeni azt is, hogy a rádiometrikus mérések eredményei szerint a Jupiter felszíni hőmérséklete kb. 20–30°-kal magasabb, mint amekkorának a Nap besugárzása alapján lennie kellene. Kozirev szerint ennek az az oka, hogy a bolygó belsejéből állandóan hő áramlik a felszín felé. Szerinte egyébként lehetséges, hogy a bolygó belsejében a hőmérséklet eléri a 250 000 fokot is. Véleménye szerint azonban még ez a magas hőmérséklet sem befolyásolja lényegesen a bolygó hidrogéntartalmának százalékszámára vonatkozó becsléseket.

2. A Merkúr tömege

1950-ben Rabe új számítási eljárással kísérte meg a Merkúr tömegének meghatározását. Számításai során nagyobb számértéket kapott a bolygó tömegére vonatkozólag, mint amekkorát a régebbi számítások adtak. Szerinte a Merkúr tömege a Nap tömegének mintegy $1/6\,120\,000$ -ed része. Ebből viszont az következik, hogy a Merkúr sűrűsége $5,1\text{ gr/cm}^3$, vagyis jóval sűrűbb, mint eddig gondoltuk. E számérték alapján viszont érdekes további megfontolásokat lehet tenni. Ha ugyanis figyelembe vesszük azt, hogy a Merkúr kisebb méretű bolygó, mint a Mars és ezért a belsejében is kisebb nyomásnak kell uralkodnia, felmerül az a kérdés, hogy miért múlhatja felül mégis nemcsak a Marsot, hanem még az annál is nagyobb méretű Vénuszt sűrűség tekintetében. Erre a kérdésre csak az a felelet adható, hogy a Merkúr nagyobb fajsúlyú anyagokból van felépítve, mint a többi földtípusú bolygók. A Föld azonban kivételt képez, hiszen a közepes sűrűsége $5,52\text{ gr/cm}^3$. A Merkúr nagyobb sűrűségét azzal magyarázhatjuk, hogy ez a bolygó van a legközelebb a Naphoz, amely a fénynyomásával eltaszította róla a gáznemű halmazállapotban levő könnyebb anyagokat.

3. A Vénusz légköre

A Vénusz légkörének kutatása napjainkban is sokat foglalkoztatja a csillagászokat. A szovjet csillagászok közül N. P. Barabasev és V. I. Ezerszkij, az amerikai csillagászok közül pedig Kuiper foglalkoztak behatóbban az elmúlt években ezzel a kérdéssel. Idevonatkozó eredményeiket röviden a következőkben foglalhatjuk össze:

1. A Vénusz légkörének optikai sajátosságai a napsugarak különböző beesési szögéből adódnak.

2. Többször sikerült már jól megfigyelni vörös sugarakban e bolygó felszínéről való fényvisszaverődést.

3. A spektrum vörösöntúli részében végzett újabb kutatások is megerősítik azt az egyébként már régóta felismert tényt, hogy a Vénusz légkörének legfontosabb alkotórésze a széndioxid.

4. Az oxigén és a vízpára elnyelési sávjait még kvadratúrák idejében sem sikerült kimutatni, holott éppen ezekben az időpontokban okozza a radiális sebesség a Vénusz légkörében az elnyelési sáv legnagyobb elmozdulását a földi elnyelési sávhoz

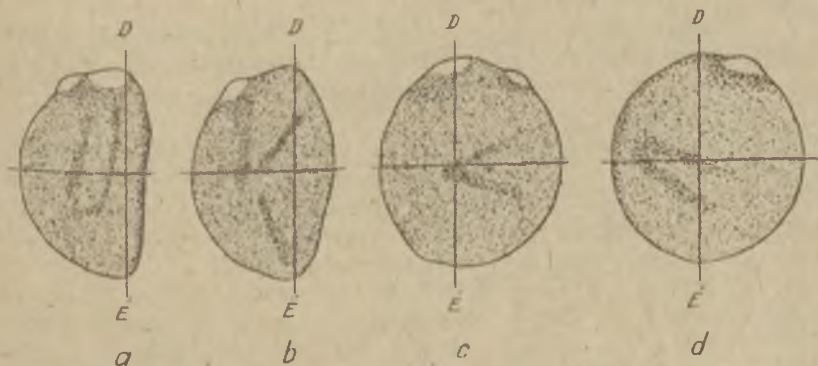
képest. Ez arra utal, hogy a Vénusz légkörében legalább 50-szer kevesebb az oxigén és a vízpára, mint a Föld légkörében.

5. A Vénusz légkörének nagyfokú homályosságát az idézi elő, hogy porral telített, amelyet viszont éppen a víz hiányával lehet megmagyarázni. Barabasev és Ezerszkij a Vénusz légkörében nemcsak egészen finom porszemcsék, hanem nagyobb szemcsék jelenlétét is feltételezik.

6. A nitrogén-, a hidrogén- és az argon atomok molekulái nem adnak elnyelési sávot az elérhető szinképtartományokban. Mivel a hidrogén a közeli infravörös tartományban csak igen gyenge elnyelési vonalat ad, ezért a bolygók légkörében csak akkor lehet felfedezni a hidrogén vonalait, ha normális légköri nyomás mellett legalább 100 km vastag a hidrogén réteg.

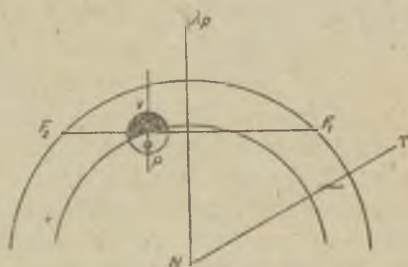
4. A Vénusz „sarki sívege”

Az utóbbi években több szovjet csillagász fehér, erősen *irradiáló* foltot figyelt meg a Vénusz déli „szarva” közelében. A folton kívül egyéb sötét vonalas képződmények is feltűntek a Vénusz korongján. A sötét képződmények fizikai természete azonban egyelőre még tisztázatlan. Az említett fénylő és sötét képződményeket a szovjet csillagászok nemcsak fotografikusan, hanem vizuális megfigyeléseik során is észlelték. Megemlítjük, hogy vörös, sárga, zöld és kék színszűrőkön keresztül fényképezték a Vénuszt. A képződmények főleg a zöld és kék színszűrőkön keresztül készített felvételeken tűntek elő.



1. A Vénusz „sarki sívege” Rots (a), Szanjudyin (b), Miljejev (c) és Szalova (d) felvételein

V. Sz. Miljejev és G. L. Szalova szerint az erősen irradiáló fehér folt megjelenése a Vénusz légkörében a bolygó felszínének nagyobbfokú helyi fényvisszaverőképességére vezethető vissza. Ezt bizonyítja az is, hogy a folt a helyzetét a Vénuszon az észlelések során észrevehetően nem változtatta meg. Szerintük a felszín nagyobb helyi fényvisszaverőképessége miatt a Vénusz légköre is helyileg fényesebbé válik, hiszen a visszaverődő fénysugarak erősebben átvilágítják. Az említett szovjet csillagászok ezek alapján feltételezik, hogy ez a fényes fehér folt nem más, mint a Vénusz sarki süvege.



2. A Föld helyzete a «sarki süveg» láthatóságának idejében

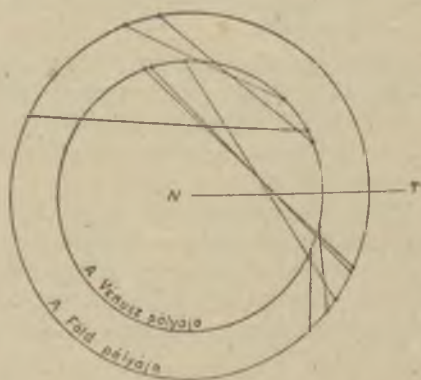
A 2. sz. ábrán λ_p a Vénusz északi sarkának a hosszúságát jelöli. Miljejev és Szalova megállapították, hogy amikor a Vénuszt olyan földi hosszúsági kör mentén figyeljük meg, amely a λ_p értékénél kisebb, akkor a sarki süveget jobbra fent látjuk. Ha viszont a földi megfigyelő hosszúsága a λ_p -nél kisebb, akkor balra fent észlelhető a folt.

Említésre méltó, hogy V. V. Volkov a sarki süveg helyzetére vonatkozó megfigyelései és számításai alapján azon a véleményen van, hogy a Vénusz forgástengelye 52° -os szöget zár be az ekliptika síkjával.

Az említett szovjet csillagászok a Vénuszról készült felvételek alapján megállapították, hogy a sarki süveg szögátmérőjének közepes értéke $18'$ a Vénusz meridiánfokában kifejezve. Tájékoztatásul megemlítjük, hogy — amennyiben ez a szögérték helyes — a folt területe 3 millió km^2 .

A szovjet csillagászok tovább folytatják ezen a téren a kutatásaikat. Az eddigi eredmények gondos ellenőrzése mellett kiterjesztik a vizsgálataikat a Vénusz esetleges északi sarki süvegének a felfedezésére. Ebből a célból tervbevétték a Vénuszról eddig készített felvételek újbóli gondos tanulmányozását.

A 3. sz. ábra bemutatja a Föld és a Vénusz pályamenti helyzeteit a „sarki süveg” megfigyelési időpontjaiban.



3. A Föld és a Vénusz pályamenti helyzetei a «sarki süveg» megfigyelési időpontjaiban

5. A Mars kutatása

1951-ben jelent meg Franciaországban Vaucouleur könyve, melyben a Mars fizikai viszonyait ismerteti. A könyv színvonalát nagyban emeli az a tény, hogy a szovjet csillagászok (V. G. Feszenkov, N. P. Barabasev, V. V. Saronov, N. N. Szityinszkája stb.) idevonatkozó eredményeit is részletesen ismerteti. A könyv gazdag tartalmából a következő érdekes megállapításokat emeljük ki:

1. A Mars légkörében 98,5% a nitrogén, 1,2% az argon, 0,25% a széndioxid és 0,1%-nál is kevesebb az oxigén százalékaránya.

2. A Mars felszínén kb. 90 millibár a légnyomás értéke. Ilyen alacsony légnyomás mellett a víz már 43 C° mellett forrásnak indul. A kis nehézségi vonzás következtében a magassággal párhuzamosan csak lassan csökken a levegő sűrűsége. Emiatt 28 km magasságban a Mars felszíne felett már sűrűbb a légkör, mint ugyanebben a magasságban a Föld felszíne felett.

3. A Mars átlagos évi hőmérséklete megközelítőleg 40°-kal alacsonyabb, mint a megfelelő földi helyeken. A hőmérséklet napi kilengése 50°. A Mars trópusi zónájában a hőmérséklet évi amplitudója kb. 30°, a sarkok vidékén azonban felülmúlja a 100°-ot is. Nappal a Mars kevésbé színes övezeteinek a hőmérséklete kb. 10°-kal alacsonyabb, mint a sötétebb foltoké.

Ez érthető, ha a világosabb és a sötétebb kőzetek fényvisszaverő képességére gondolunk. A levegő hőmérséklete nappal 30°-kal alacsonyabb, mint a talajé. A Mars ezen különös éghajlati sajátosságai erősen emlékeztetnek a Föld magas hegysegeinek hasonló viszonyaira.

4. A Mars légkörében kb. százszor kevesebb a víz, mint a Föld légkörében. Ezzel kapcsolatban megemlíthető, hogy Sevljakov szovjet kutató egyik legújabb becslése szerint a Marson levő összes víz csak éppen arra lenne elegendő, hogy megtöltse az Onyega tó medencéjét.

5. A Mars sarki süvegeinek olvadásával együttjáró és a sötét területeken megfigyelhető évszakszerű változások napi 45 km sebességgel mennek végbe. Ez a számadat megfelel azoknak a számításoknak, amelyeket a Mars légkörében a víz körforgására és annak sebességére vonatkozólag végeztek.

6. A kisbolygók

1950-ben Szamojlova-Jahontova egy kisebb monográfiát írt a kisbolygókról egy gyűjteményes szovjet kiadásban (Uzspehi asztronomiczeszkih nauk Tom V.). A szerző leszögezi ebben, hogy tíz évenként átlagosan 17—18-cal növekedik a katalogizált kisbolygók száma.

A szerző egy táblázatot közöl az 1949-ig katalogizált kisbolygókról:

Féltátmérő km	Kisbolygók száma	Féltátmérő km	Kisbolygók száma
0—20	668	81—100	30
21—40	539	101—120	18
41—60	210	> 120	15
61—80	85		
Összesen			1565

A szerző megállapítja, hogy az utóbbi években egy olyan kisbolygót sem sikerült felfedezni, amelynek a sugara 80 km-nél nagyobb lenne. Ebből azt következteti, hogy minden 80 km-nél nagyobb sugarú kisbolygót már felfedezettnek lehet tekinteni.

Eddig általában az a nézet uralkodott, hogy a 17—18 nagyságrendnél fényesebb kisbolygók száma 50 000 körül van. Ezt a számadatot a kutatók az ekliptika közelében nagy reflektorok segítségével készített fényképfelvételek eddigi eredményeire alapozták. Hasonló felvételeket készített Johnson is a Schmidt-féle fényerős kamrával. A felvételek alapján Johnson az eddigi becslésekkel ellentétben feltételezi, hogy a 17-es nagyságrendnél fényesebb kisbolygók száma nem haladja meg a négyezret sem.

Ezzel a kérdéssel C. H. Schouette is foglalkozott. Schouette — miután extrapolálta a katalogizált kisbolygókról rendelkezésre álló adatokat, arra a meggyőződésre jutott, hogy az összes kisbolygó száma néhány tízezer, együttes tömegük pedig 10^{-8} naptömeggel egyenlő. Összehasonlításképpen nem árt emlékeztetnünkbe idézni, hogy Hubble kb. 30 000-re, Baade kb. 40 000-re, Asztapovics és Fegyinszkij pedig kb. 100 000-re becsülték a kisbolygók számát.

Érdekes adatot közöl az újabban felfedezett kisbolygók térfogatviszonyaira vonatkozólag V. G. Feszenkov az egyik 1952-ben írt tanulmányában. Megemlíti, hogy az 1925-ben ismert 1024 kisbolygó térfogata 4,125 volt abban az esetben, ha a Veszta térfogatát 1,0-nek vesszük. Egy negyed évszázaddal később, 1950-ben már 1565 katalogizált kisbolygó volt ismeretes. Az elmúlt 25 év alatt felfedezett több mint 500 új kisbolygó és a már régebben ismert 1024 kisbolygó együttes térfogata 4,20 volt a Veszta térfogatában kifejezve. A Veszta térfogatában kifejezett térfogatnövekedés tehát mindössze 0,08 volt! Ebből is látszik, hogy milyen aprók az újonnan felfedezett kisbolygók. Összehasonlításként megemlíthető, hogy a Veszta kisbolygó átmérője 385 km.

Érdekes számításokat végzett a kisbolygók térfogatát illetőleg Sz. V. Orlov is. Számításai szerint a kisbolygók térfogata nagyságrendenként kb. $1,3 \cdot 10^{-23}$ cm³-nek vehető. Ha ezt a törvényszerűséget kiterjesztjük az 1 mm átmérőjű testekre (ez kb. az 50-ik csillagnagyságrendnek felel meg!), akkor feltehető, hogy az összes kisbolygó együttes tömege 1/400-ad Föld-tömeggel egyenlő. Ha az összes kisbolygót egy gömbbé gyúrnánk össze, egy kb. 1000 km átmérőjű gömböt kapnánk.

7. A Szaturnusz gyűrűje

Az utóbbi években több szovjet tudós foglalkozott behatóbban a Szaturnusz gyűrű kérdésével. Különösen kiemelkednek ezen a téren Bobrov kutatásai. Bobrov fotometriai megfigyeléseket végzett és megállapította, hogy a gyűrű átlagosan egy méteres nagyságrendű, igen egyenlőtlen felszínű fényes testekből áll. Számításai szerint a gyűrűt alkotó testek az egész gyűrű össztérfogatának csak elenyésző része. Az egyes testek közötti távolság ugyanis kb. tízszer múlja felül maguknak a testeknek az átmérőjét.

Bobrov kutatásaival kapcsolatban meg kell említeni Radzijevszkij idevonatkozó eredményeit is. Radzijevszkij kimutatta, hogy a sugárnyomás nemcsak a Nap és a bolygók viszonylatában, hanem a bolygóknál és a körülöttük keringő kisebb testeknél is fellép. Emiatt az igen parányi méretű kísérők spirális pályán lassan közelednek a bolygóhoz és végül a felszínre zuhannak. A földtípusú bolygók körül keringő 1 cm átmérőjű testek pl. néhány tízmillió év alatt zuhannának a bolygó felszínére. Ha ugyanezt a számítást az óriásbolygókra vonatkoztatva végezzük el, akkor már néhány milliárd, illetve néhány tízmilliárd évet kapunk eredményül. Radzijevszkij az ezen az alapon végzett számításai során azt az eredményt kapta, hogy a Szaturnusz gyűrűjét alkotó testek több milliárd évesek.

8. A Neptunusz második holdja

1949 május elsején fedezték fel a Neptunusz második holdját, a Nereidát. A felfedezés óta rendszeresen figyelik ezt a holdat a Mac Donald obszervatórium 82 hüvelykes reflektorával. 1949 május elseje és 1951 március 7-ike között 19 pontos helyzetmeghatározást végeztek (a Neptunusz és a Nereida egymás közötti viszonylatában). Mivel a Nereida keringési ideje majdnem megegyezik a földi év hosszával ($P = 359^d,4$), ezért az említett időköz folyamán kereken két keringést végzett a Nereida a bolygója körül.

A hold a +19 csillagnagyságrendbe tartozik, pályájának a fél nagytengelye 0,37255 AE, az ekliptika síkjával bezárt hajlásszöge pedig $4^{\circ}52'$.

A Nereida felfedezése kiváló alkalmat ad a csillagászoknak a Neptunusz tömegének pontosabb meghatározására, illetve az eddigi számítások ellenőrzésére, amelyek nem is lehetnek olyan pontosak, hiszen eddig csak a Tritont ismerték. Az

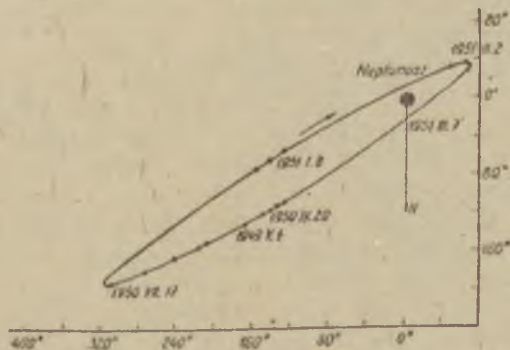
eddig végzett számítások szerint a Neptunusz tömege $1/18370$ Nap-tömeggel egyenlő. Ez az eredmény az eddig ismert számadataira vonatkozólag 3% korrekciót ad pozitív irányban.

Az új mellékbolygó felfedezésének a jelentősége, mondhatni érdekessége, azonban nem annyira az eddig ismert tényekben, mint inkább az égitest keringési irányában és pályájának nagyfokú excentricitásában rejlik.

A csillagászok már jóformán elfogadott szabálynak tekintették azt, hogy a Jupiter és a Szaturnusz rendszerében a kisebb pályasugarú holdak direkt, a távolabbi holdak pedig retrográd irányban végzik a keringésüket. Ezt a szabályt a Neptunusz második holdja felborította. Meg kell jegyezni, hogy a Neptunusz első holdja retrográd irányban kering. Ez azonban elfogadhatónak látszott, mivel a Triton pályasugara meglehetősen nagy. A csillagászok azon a véleményen voltak, hogy a direkt irányban haladó holdak övezetében vagy nincs semmiféle objektum, vagy pedig ha van, az olyan kicsi, hogy emiatt késik a felfedezése.

A Nereida ezen a téren alapos meglepetéssel szolgált. Ez a hold ugyanis direkt irányban halad a pályáján, annak ellenére, hogy a pályasugara 25-ször nagyobb, mint a Tritoné.

Feltűnő továbbá a második hold pályájának nagyfokú excentricitása ($e = 0,76!$) is. A Naprendszer bolygói és mellékbolygói közül egyet sem ismerünk, amelynek a pályája az újonnan felfedezett hold pályájánál excentrikusabb lenne.



4. A Neptunusz második holdjának (Nereida) pályája

A Jupiter VIII. számú holdjának az excentricitása is meglehetősen nagy ($e = 0,278$), de ezen a téren mégis messze elmarad e mögött a hold mögött. Mindezt egybevetve Maszjevics és Kozirev azon a véleményen vannak, hogy a Nereidát a Neptunusz befogta a rendszerébe.

9. Az üstökösök kutatása

A nagy teljesítőképességű asztrográfoknak és reflektoroknak köszönhető, hogy napjainkban már igen gyenge fényű (20^m – 21^m) objektumokat is meg lehet figyelni. Erre vezethető vissza az, hogy olyan sok üstököst fedeznek fel az utóbbi időkben. Az ismert üstökösök kutatását megkönnyíti az, hogy igen pontosan ki vannak számítva a periódikus üstökös pályaelemei. Így pl. Kopff üstököst $10'$ szögtávolságban találták meg az előre kiszámított helyétől.

Különösen pontosan számították ki a csillagászok az 1951 *h* üstökös koordinátáit. Ennél a számításnál ugyanis csak $15''$ -et tévedtek.

Még bámulatosabb volt az a pontosság, amellyel a Nyeujmin (3) üstökös pályáját és perihélium átmenetének időpontját kiszámították. Ezt az üstököst G. N. Nyeujmin fedezte fel 1929-ben. A felfedező és több csillagász ezt követőleg 64 napon keresztül tudták nyomon követni az üstököst. 1940-ben az üstököst nem sikerült megfigyelni. A csillagászok az üstökös-pálya pontos ismerete alapján közben kiszámították, hogy az üstököst 1941-ben a Jupiter, 1946-ban pedig a Szaturnusz erősen perturbálta. A csillagászok természetesen ezeket a perturbációkat is figyelembe vették. Amikor azután az üstökös mint 17-es nagyságrendű objektum megjelent, kiderült, hogy mindössze $0^{\circ},5$ szögtávolságnyira van az előre megjelölt ponttól. A perihélium átmenet időpontjának a kiszámításában is mindössze 1,46 nap hiba mutatkozott.

Az újabban felfedezett üstökösök közül igen érdekes objektum az 1951 *a* üstökös. Ezt Pajdusakova cseh csillagásznő fedezte fel 1951 február 4-én. Az üstökös fényessége 8^m , kómájának átmérője $1'$, keskeny csóvájának hossza $4'$ volt.

A 23 napon keresztül folytatott megfigyelések alapján kiszámították az üstökös parabolikus pályáját. Az üstökös pályája majdnem merőleges az ekliptika síkjára. Az üstökös perihélium átmenetének időpontjában $0,7$ csill. egys. távolságra volt a Naptól és $1,3$ csill. egys. távolságra a Földtől. Az üstökös gyorsan haladt északi irányban és március harmadika után már esti objektum volt. Fényessége is meglehetősen gyorsan csökkent, márciusban 9^m , májusban 15^m volt.

Az üstökös pályája igen közel van a Föld pályájához. Ennek a figyelembevételével Nilson (Dánia) és Krezák (Csehszlovákia) arra gondolt, hogy augusztus 1-e körül egy meteoráramnak kell jelentkeznie. Ebben az időben haladt ugyanis át a Föld az üstököspálya csomópontján. Krezák megadta a ra-

diáns koordinátáit is ($\alpha = 23^\circ$; $\gamma = -41^\circ$). Később kiderült, hogy az üstökös a bolygórendszer szélső övezetében enyhén hiperbolikus pályán halad.

Ismeretes, hogy a bolygórendszeren belül haladó néhány üstökös pályájának kissé hiperbolikus jellege a bolygók perturbáló hatására vezethető vissza. Amikor az üstökös még nagyobb távolságban volt a bolygótól, a pályája még erősen elnyúlt, hatalmas méretű ellipszis volt, amely csak kis mértékben különbözött a parabolától. Ebben az esetben viszont nem is lehet várni az üstököshöz tartozó meteoráram megjelenését.

10. Új meteormegfigyelési mód

A Szovjetunióban az elmúlt években A. G. Kalasnyikov fizika professzor egy teljesen új módszert dolgozott ki a meteorok megfigyelésére. Miben is rejlik ez az új módszer?

Közismert dolog, hogyha egy vezetéktekercsen belül egy mágnesrudat mozgatunk, elektromos áram keletkezik a vezetékben. Ezt úgy is megfogalmazhatjuk, hogy mágneses vezetők (vagy mágneses erők) elektromos áramot idéznek elő. Ebből a közismert tényből indult ki Kalasnyikov professzor, akkor, amikor egy 100 méteres átmérőjű tekercset készített. Már most amikor egy meteortest halad a légkörben, a levegő inoizálódik és mágneses mező jön létre. Bár meteortest körül létrejött mágneses mező csak igen gyenge elektromos áramot indukál a hatalmas tekercsben, Kalasnyikov azonban ezt a gyenge áramot is ki tudta mutatni finom műszerek segítségével. Kalasnyikov reméli, hogy az új vizsgálati módszer továbbfejlesztése során sikerülni fog a meteorok tömegét, sebességét és esetleg egyéb jellemzőit is meghatározni.

Ennek az eljárásnak is megvan az az előnye, mint a raddarral való észlelésnek: nevezetesen az, hogy nincsenek a megfigyelések az éjszakai órákhoz, illetve a derült időjáráshoz kötve.

11. Az állatövi fény

Kozmogóniai szempontból is igen érdekesek és értékesek azok a megfontolások és számítások, amelyeket Feszenkov újabban végzett (Voproszi kozmogonii. Tom I. 92—130. old. M. 1952.) az állatövi fény szerkezeti és genetikai kérdésével kap-

ugyanis, hogy a napsugár, pontosabban a Nap ibolyántúli sugárzásának a hatására a Föld felső légkörében különböző fizikai változások mennek végbe. Előfordul, hogy a molekula két elektromosan semleges atomra bomlik szét (disszociáció), de előfordul az is, hogy az ütközés hatására az atomokból elektronok repülnek ki (ionizáció). Éjszaka az említett folyamatok ellenkezője zajlik le: az ionizált atomok és a disszociált molekulák újra épülnek. Ezt az ellentétes folyamatot rekombinációnak nevezzük. Amíg a disszociáció és az ionizáció alkalmával a napenergia egyrésze elnyelődik, addig rekombináció alkalmával az elnyelt energia újra felszabadul és kisugárzódik. Ez a kisugárzás gyenge és nappal csak igen nehezen lehet kimutatni (zavarólag hat a napfény és kevés a rekombinációk száma). Ezt a sugárzást, amelyet egyébként az éjjeli ég sugárzásának neveznek — az éjszakai órákban ma már pontosan lehet mérni.

De térjünk vissza a kiindulási pontunkhoz. Ha az elektronok cm^3 -enkénti száma 10-nél nagyobb lenne, az éjjeli ég sugárzásának lényegesen erősebbnek kellene lennie. Mivel ez nem áll fenn, a felső határ is maximálisnak tekinthető.

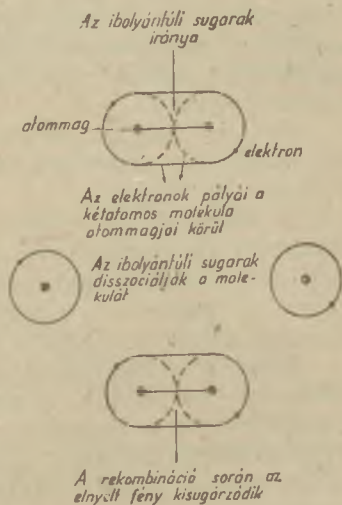
Miután a részecskék voltokban kifejezett potenciálja:

$$300 \frac{\kappa \cdot e^2}{\varrho}$$

ezért $\kappa = 10^{11}$ esetben 0,15 és $\varrho = 10^4$ esetében 1,5 értéket kapunk.

A képletben használt κ az elemi részecskék számát, e az 1 cm^3 -ben levő szabad elektronok számát, ϱ pedig a részecskék sugarát jelenti (közepes értékül 10^{-3} cm-t tekintve).

Látható tehát, hogy a részecskék pozitív elektromos töltése még akkor is igen gyenge, ha minimális (0,001 cm) sugarat tételezünk fel. Nagyobb részecskék esetében viszont a felépő elektromos erők természetesen még kisebbek lennének.



Ezek szerint a részecskék mozgásáról csak úgy beszélhetünk, mint a gravitáció és a fénynyomás által befolyásolt mozgásról. A fénynyomás pedig azért fékezi a gravitációs és radiációs térben mozgó részecskék pályamenti sebességét, mert a menetirány felé eső felszínük előtt nagyobb az energiakonzentráció, mint a hátul levő felületük közelében.

A fékezést elősegíti az is, hogy a nagyobb testekhez képest a kis testeknek tömegükhöz viszonyítva nagy a felszínük. Feszenkov pl. lehetségesnek tartja, hogy az összes kisbolygó együttes felszíne esetleg 100 000-szeresen felülmúlja a nagybolygók együttes felszínét.

Emiatt kozmikus időmértékkel mérve, meglehetősen gyorsan csökken a részecskék Naptól való távolsága. Végül is belehullanak a Napba.

A Naprendszer létrejötte után eltelt időhöz képest igen rövid idő alatt megy végbe ezeknek a kis testeknek a Napba való zuhanása. Ha tehát nem működne egy olyan mechanizmus, amely az említett kis testek pótlásáról gondoskodik, már régóta nem keringene egy se közülük a Nap közelében.

Feszenkov számításai szerint a sugárzás fékezés következtében kb. 100 000 év leforgása alatt zuhan a Napba (illetve egyesül annak a légkörével) mindaz a kistest, amelynek pályasugara kisebb bolygónk pályasugaránál. A Naprendszer fennállása óta az állatövi fénynek tehát már többször meg kellett újulnia.

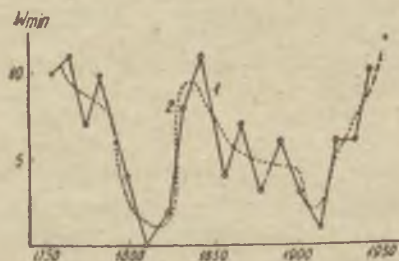
Feszenkov valószínűnek tartja, hogy az állatövi fény meteoranyagának állandó utánpótlásában nagy szerepet tölt be a meteoritestek és a kisbolygók összeütközése, amely mindig feldarabolódással, porlással jár. Feltehető szerinte az is, hogy a sporadikus meteorok is hozzájárulnak az állatövi fény anyagának pótlásához. A feltevés mellett szól az a tény is, hogy a sporadikus meteorok száma és tömege a meteoráramokban keringő testek tömegéhez viszonyítva meglehetősen nagy. Feszenkov egyébként ezúttal is leszögezi azt, hogy a meteorok nagyobb égitestek szétesése útján jöttek létre. Ezt a tényt igazolni látszik egyrészt a szerkezetük, másrészt az a tény, hogy az azonos radiációs ponthoz tartozó meteorok kémiai összetétele azonos.

II. A NAP

1. A naptevékenység

A jelenlegi 11 éves naptevékenységi ciklus tanulmányozása főleg azért érdekes és fontos feladat, mert ez a ciklus különbözik az előző ciklustól ~~megyes~~ sajátosságait illetően.

A múlt században a naptevékenység periodicitása terén a következő törvényszerűséget észlelték: a 11 éves naptevékeny-



7. A Wolf-féle napsfolt-relatívszám menete a minimum éveiben az elmúlt két évszázad folyamán

1. A napsfoltrelatívszámok abszolút értékének görbéje;

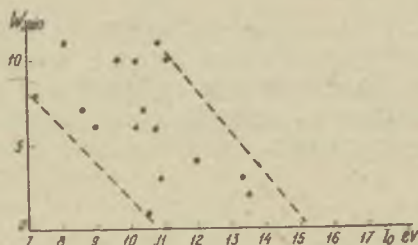
2. a közepelések révén kapott görbe

A 2-es görbén jól tanulmányozható a szekuláris ciklusok menete és jellege

ségi ciklusok úgy váltogatták egymást, hogy az intenzív és hirtelenül kifejlődő maximumokat kevésbé intenzív és lassabban kifejlődő maximumok követték. Ezt annyival is inkább megállapíthatjuk, mert két egymást követő intenzívebb naptevékenységi ciklus játszódott le a szemünk előtt. A jelenlegi ciklus azonban kivételt képez a leszűrt törvényszerűség alól. Először is a maximumot követő első két évben észrevehetően lassú ütemben folyt le az aktivitás mérvének csökkenése. Másodszor pedig jellemző az is, hogy a kétségtelenül erősfokú maximum után stagnáló tendenciát lehetett megfigyelni. A tevékenység foka ugyanis először csökkenni kezdett, később azonban azt lehetett megfigyelni, mintha a csökkenés folyamata mintegy megakadt volna.

M. Sz. Ejzenszon szovjet csillagász szerint ez azzal magyarázható, hogy két különböző periodicitású naptevékenységi görbe modulálódik egymásra: az egyik a közismert 11 évi ciklus,

a másik pedig a nemrégiben felfedezett hosszabb lejáratú — szinte szekulárisnak nevezhető — ciklus, amelynek a periódusa körülbelül 80—90 év.



8. A minimum éveiben adódó napfoltrelatívszámok (W_{\min}) függése az egymást követő maximumok közötti idő-intervallumtól (T_0)

A naptevékenységgel kapcsolatban meg kell emlékeznünk V. V. Sztjepanov újabban végzett statisztikai vizsgálatairól. Sztjepanov vizsgálataiból az tűnik ki, hogy kapcsolat áll fenn a Nap általános mágneses mezeje és a napfoltok között.

Nem kevésbé érdekes E. R. Musztel egyik újabb megállapítása is. Véleménye szerint ugyanis a mágneses viharokat nem a napfoltok, hanem a napfáklyák hatására lehet visszavezetni. Szerinte az eddig általánosan elfogadott korreláció végeredményben azon alapult, hogy a foltok rendszerint fáklyamezőben fekszenek, viszont ennek a fordítottját eddig még senki sem figyelte meg.

2. Napfizika

Az utóbbi évek folyamán igen számottevő eredményeket értek el a Szovjetunióban a Nap fizikai viszonyainak a kutatása terén. Ezek az eredmények elsősorban az új megfigyelési technikának (különösen vonatkozik ez a megállapítás a krími asztrofizikai obszervatóriumban és a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának csillagvizsgáló intézetében végzett kutatásokra) köszönhető, de nagyban elősegítette az eredmények kivívását több, a napkorona és a kromoszféra kutatása közben felmerült elméleti probléma megoldása is.

Mindenekelőtt meg kell emlékezni arról az új napkutató műszerről, amelyet a háború utáni években a krími asztrofizikai obszervatóriumban állítottak fel. Az új eljárás a mono-

kromatikus interferencia-polarizációs fényszűrő alkalmazásán alapul, amely lehetővé teszi azt, hogy a Napot tetszésszerű színkép vonalak fényében tanulmányozzák.

A Nap megfigyelésére a krími asztrofizikai obszervatóriumban felállított interferencia polarizációs fényszűrőt 1947—1948-ban szerkesztették és állították munkába A. B. Gilvarg és prof. A. B. Szevernyij vezetése alatt. A fényszűrő először csak hét darab kvarclemezből állt és 5 Å körül volt az átbocsátási sávja, amely viszont a hidrogénnek a H_{α} -val ($\lambda = 6562,8$ Å) jelzett vörös vonalára volt központosítva. A későbbiek során a fényszűrőt tökéletesítették, beszereltek egy nyolcadik, kvarcból készített lemezt. Ennek volt köszönhető, hogy a H_{α} tartományban az átbocsátási sáv 1,8 Å-re csökkent. A fényszűrő így alkalmassá vált arra, hogy a H_{α} sugarakban is tanulmányozni lehessen a Nap felszínének egyes részleteit: a fényes és sötét hidrogén-flokkuluszokat, egyes sötét rostszerű képződményeket és a hidrogén granulációt.

A Lyot által szerkesztett koronográf és az interferencia polarizációs fényszűrő segítségével a krími asztrofizikai obszervatóriumban megkezdték a protuberanciák fényképezését és filmezését.

A protuberanciákról készített filmfelvételekkel egyidőben spektroszkópokkal és spektrográfokkal spektrogrammokat is állítottak elő ugyanezekről a képződményekről.

A protuberanciákról készített filmfelvételek és spektrogrammok tanulmányozásán alapuló kutatásokat A. B. Szevernyij vezette. A kutatások során sikerült a protuberanciákban mozgó csomószerű és sugárszerű képződmények sugárzási viszonyainak egyes törvényszerűségeit, valamint pályagörbéiket és sebességüket meghatározni. Megállapították, hogy a protuberanciák túlnyomó többségét egy bizonyos fényesség ingadozás jellemzi, ez azt jelenti, hogy az aránylag gyors lefolyású fellángolásokat lassúbb ütemű elhalványodások követik. Sikerült azt is megállapítani, hogy a nyugvó protuberanciák egyes csomóinak élettartama lehet egy perc, de lehet néhány tíz perc is. Ezek a csomók méreteikhez viszonyítva meglehetősen gyorsan növekednek.

A szimeizi obszervatóriumban kidolgozták a protuberanciák vörösöntúli sugarakban (a hélium vonal $\lambda = 10\,830$ Å sugaraiiban) való fényképezési eljárást is.

A krími asztrofizikai obszervatóriumban 1949—1951 között E. R. Musztyel prof. és A. B. Szevernyij vezetése alatt igen komoly munkát végeztek a kutatók a napfizika egyik legnehezebb problémájának, a kromoszférikus erupciók fizikai termé-

szetének a felderítése terén. Közismert dolog, hogy a Nap légkörében fellángoló kromoszférikus erupciók hatással vannak a földi légkör felső rétegeinek fizikai állapotára. Azt is tudjuk, hogy az erupciók idejében zavarok állnak be a rövidhullámú rádió adásvételben. Ezért igen nagy a gyakorlati jelentősége annak a munkának, amely az erupciók fizikai természetének többoldalú kiderítésére irányul.

1949 augusztus 5-én különösen fényes kromoszférikus erupciót figyeltek meg Szimeizben. Ez az erupció középeurópai időszámítás szerint 9 órakor lángolt fel egy napfoltcsoport felett. Az erupció kb. 10 perc alatt érte el maximális fényességét, utána lassan veszíteni kezdett a fényéből és kb. egy óra múlva „ki-aludt”. Az erupciót vizuális megfigyeléssel Arcetriben (Olaszország) és Greenwichben is tanulmányozták. Greenwich-i közlés szerint ez a kitörés egybeesett a Nap rádiófrekvenciás kisugárzásának növekedésével. A rövidhullámú rádió adásvétel tíz percre megszakadt. A krími asztrofizikai obszervatóriumban nagyszámú spektrogrammot sikerült készíteni erről a hatalmas kitörésről. Igen fontos körülmény az is, hogy az akkor készített spektrogrammok különböző fejlődési fázisaiban örökítették meg ezt a Nap légkörében lejátszódott grandiózus jelenséget. A spektrogrammok feldolgozása során a szovjet tudósok a kitörések néhány új és igen fontos fizikai sajátosságára derítettek fényt.

Rendkívül érdekes az a felfedezés, hogy egy 100 km/sec sebességgel visszafelé történő áramlás indult meg az erupció felett. Ezt az eredményt az ionizált kalcium H és K vonalaiból érkező kisugárzás tanulmányozása révén kapták.

A spektrogrammok alapján E. R. Musztel és A. B. Szevernyij jelentős elektron-koncentrációt mutattak ki a kitörések térségében. Megállapították azt is, hogy az erupció kisugárzása sokkal erősebb a színekép ibolyántúli tartományában, mint a Nap inaktív felszínén. Ennek a megállapításnak igen nagy a gyakorlati jelentősége.

E. R. Musztel és A. B. Szevernyij adtak először kielégítő magyarázatot az erupciók színeképeiben jelentkező hidrogénvonalak anomális szélességére vonatkozólag.

A két kutatót a Nap kromoszférikus kitöréseinek a tanulmányozása terén elért eredményeiért 1951-ben Sztálin-díjjal tüntették ki.

Az abasztumáni asztrofizikai obszervatóriumban évek hosszú során végeztek kutatásokat az erupciók statisztikai törvényszerűségeinek és a naptevékenység révén létrejött egyéb képződményekkel való kapcsolatainak a felderítésére. Ezen a téren ki kell emelni T. Sz. Razmadze kutatásait. Kutatásai során be-

igazolódott, hogy a kitörések visszatükrözik a naptevékenység (különösen a napfoltképződés) minden jellegzetességét. Ez a megállapítás a ciklustörvényre, a képződményeknek a Nap különböző félgömbjein egyidőben való jelentkezésére, a heliografikus szélességek mentén való eloszlására és az erupciók számára, valamint a foltcsoportok által elfoglalt területek nagysága közötti összefüggésre egyaránt vonatkozik. Az erupciócsoportok centrumai a foltcsoportok centrumaihoz viszonyítva keleti irányba tolódtak el. Ez a tény amellett tanúskodik, hogy az erupciófészkekkel kapcsolatban álló konvektív zónák lassabban vesznek részt a tengelyforgásban, mint a fotoszféra. Nemcsak a napfoltok, hanem az erupciók is szoros kapcsolatban vannak a flokkuluszokkal és az alacsonyabb heliografikus szélességeken megfigyelhető rostszerű képződményekkel.

Igen nagy érdeklődésre tarthat számot E. R. Musztel professzornak egy másik munkája is, amellyel tisztázni igyekezett a Nap korpuszku-láris áramainak természetét. A Nap korpuszku-láris sugárzásának a kérdése ugyanis mind kozmogóniai, mind geofizikai szempontból igen időszerű.

Musztel szerint a fénynyomással lehet még a leginkább megmagyarázni a Nap felszínéről való atomáramlás mechanizmusát. Musztel arra is rámutatott, hogy komoly nehézségekkel kerülünk szembe akkor, ha elektromágneses természetű erőkre akarjuk visszavezetni az ionok és az atomok kilövelését.

Musztel szerint azonban csak az ionizált kalcium-atomokról tételezhető fel, hogy a fénynyomás hatására lökődnek ki a Napról. Ami az atomok kilökési helyeit illeti, ezeket a fáklyák — pontosabban a kromoszféra-nak a fáklyák felett lévő legkülső térségében (tehát a flokkuluszok térségében) kell keresni. Musztel kifejtette azt is, hogy — kivéve a kromoszférikus erupciók aktív területeit — a hidrogénatomoknak a Napról való közvetlen kilökéséhez még a Nap aktív területein sem bizonyul elegendőnek a fénynyomás. Szerinte a hidrogénatomok úgy lökődnek ki a Napról, hogy a kalciumionok ragadják azokat magukkal.

Ezzel kapcsolatban megemlítjük, hogy Sz. B. Pikelner legújabb számításai szerint a Nap felszínéről $12 \cdot 10^{34}$ proton repül ki mp-ként a térbe. Ez egy év alatt $6 \cdot 10^{17}$ gr tömegvesztésnek felel meg.

3. A napkorona kutatása

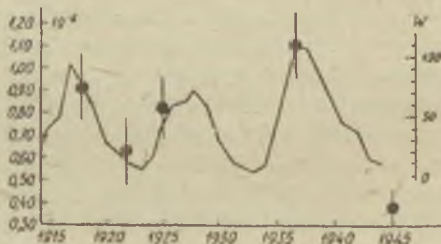
Az elmúlt években igen jelentős sikereket értek el a kutatók mind a napkorona megfigyelésének, mind a megfigyelések során szerzett adatok elméleti feldolgozásának a terén.

A korona fogyatkozási időn kívül való megfigyelése anyagot nyújt a korona szerkezetének tanulmányozásához. A Szovjetunióban a korona első fogyatkozáson kívüli időben való megfigyelését a Kiszlovodszk közelében (2130 m. tszf.) felépített csillagászati kutatóállomáson végezték. Ezen az állomáson a koronográfon kívül több egyéb napkutató műszert is elhelyeztek.

M. N. Gnyevisev és R. Sz. Gnyeviseva 1950 őszén készítettek el koronográf segítségével az első koronafelvételeket 5303 Å hullámhosszú emissziós vonalakban (zöld fényben). A koronográfot összekapcsolták egy interferenciás polarizáló fényszűrővel. Ilyen módon a koronát a 6374 Å hullámhosszú koronavonalakban, a protuberanciákat pedig a H α vonalakban fényképezték.

Alapvetően új eljárást dolgozott ki a korona napfogyatkozási időn kívüli megfigyelésére A. A. Kalinyak. Neki sikerült először fogyatkozási időn kívül vörösöntúli sugarakban lefényképezni a koronát koronográf segítségével.

Az eddig ismertetett munkákkal egyidejűleg Kalinyak más irányban is megkísérelte a korona fogyatkozáson kívüli időben való fényképezését. Eljárása abban állt, hogy infravörös sugarakban fényképezte a koronát a koronográfal együtt alkalmazott elektron-optikai konverter segítségével. A. A. Kalinyak az így nyert fényképek alapján megállapította, hogy a napkorona térségében 6—7 szögpercenyre a napkorong szélétől egyenlőtlen



9. A napkorona teljes fényességének és a napfolttevékenység fázisainak összefüggése. A napkorona teljes fényessége (fekete körök) a Nap teljes fényességéhez (baloldali skála) van viszonyítva. A fekete körökön áthaladó függőleges vonalak a mérésnél adódható maximális bibabatárokat tüntetik fel. W = napfoltrelatívszámok skálája

fényességű sugárzás figyelhető meg. A színek vizsgált részében olyan vonalakat fedezett fel, amelyek a színek látható sávjaiiban tapasztaltakhoz viszonyítva erősebb mértékben ionizált elemektől származnak.

A szovjet kutatók vizsgálták a napkoronát a fogyatkozások időpontjaiban is. Ezek közül kiemelhető a napkorona polarizá-

ciójára vonatkozó vizsgálat, amelyet M. A. Vasakidze végzett. Eredményeit 1950-ben hozta nyilvánosságra. M. A. Vasakidze felhasználta azt az anyagot, amelyet az abaszturnáni asztrofizikai obszervatórium kutatói gyűjtöttek az 1945 július 9-i teljes napfogyatkozás alkalmával. Ezek alapján Vasakidze megállapította, hogy a koronában a fény polarizációs foka egyrészt a napkorong peremétől való távolság, másrészt pedig a pozíciószög értékétől függ. Ez a megfigyelés alátámasztja azokat az eredményeket, amelyeket Sz. N. Blazsko professzor még 1914-ben ért el.

Megállapították azt is, hogy a polarizáltság foka nagyobb a korona egyenlítői részeiben, mint a sarki térségeiben. Ugyanezen napfogyatkozás alkalmával Öhman is kimutatta, ugyanezt az effektust. Sikertült kimutatni, hogy a korona polarizációjának foka összefüggést mutat a napkorong peremétől mért távolsággal. A Naptól távolodva ugyanis a korona polarizáltságának a foka, illetve annak a növekedése nem monoton jellegű: a maximumát a napkorong peremétől körülbelül 5–12 szögpercnnyire éri el és utána fokozatosan csökkenni kezd. A maximális polarizáció helye a korona fényességétől és alakjától függ. Ezek az eredmények valószínűsítik azt a következtetést, hogy a belső korona (külső széle körülbelül 10'-nyire van a napkorong szélétől) elektrongázból áll, a külső korona pedig már olyan porszerű részecskékből, amelyek nem polarizálják a fényt.

1949 és 1951 között I. Sz. Sklovskij a napkorona kutatására vonatkozó eredményeit több tanulmányban tette közzé. Vizsgálatai során meggyőződött arról, hogy az egész koronaanyag azonos kémiai összetételű. Ugyanez vonatkozik szerinte a Nap légkörének alsó rétegeire is. A hidrogén, illetve a vasatomok egymáshoz viszonyított arányszáma mind a korona, mind a kromoszféra térségében azonos. A korona anyagát csak a hatalmas kinetikai hőmérséklet különbözteti meg a kromoszféra és a fotoszféra anyagától. Közismert dolog az is, hogy — eltekintve a korona óriási térfogatától — a korona tömege elenyészően csekély, hiszen néhányezerszer nagyobb a Föld légkörének a tömege, mint a koronáé. A korona azonban rendkívül magas kinetikai hőmérsékletével mégis aktívan befolyásolja a Nap és a Föld légkörét.

I. Sz. Sklovskij elméletet állított fel a napkorona magas hőmérsékletének okára vonatkozólag. Szerinte a Nap légkörének gyenge elektromos mezeje gerjeszti a belső korona ionizált gázanyagát. A napkorona rendkívül intenzív ibolyántúli kisugárzása pedig a korona magas kinetikai hőmérsékletének a következménye.

I. Sz. Sklovszkij összehasonlította a megfigyelések (Grot-rian, G. A. Sajn, Allen, Lyot) útján kapott adatokat az elméleti következtetésekkel és arra a meggyőződésre jutott, hogy a napkoronában vannak „forró” (elektronhőmérséklet: $1\,200\,000$ — $1\,400\,000^\circ$) és „hideg” ($500\,000$ — $600\,000^\circ$) térségek. Ez a megfontolás magyarázatát adja az egyes koronavonalak különböző intenzitásának. Ennek okát ugyanis az egyes atomok különböző mértékű ionizációjában kell keresni.

Sz. B. Pikelner a gyors részecskéknek a napkoronából való kilövelése folyamatát, vagyis a korona disszipációjának folyamatát vizsgálta. Megállapította, hogy ha a napkorona kinetikus hőmérsékletét átlagosan $1\,000\,000^\circ$ -nak vesszük, akkor a Napnak a koronarészecskék disszipációja folytán bekövetkezett tömegvesztesége évenként 10^{18} grammnál is kevesebb. Ez pedig azt jelenti, hogy ez a veszteség körülbelül 150-szer kisebb, mint a kisugárzás következtében bekövetkezett veszteség. A további számítások azt mutatják, hogy a disszipáció következtében a Nap csak mintegy 10^{10} év alatt veszíti el tömegének 10^{-6} részét. A korona disszipációjának tehát kozmogóniai szempontból nincs jelentősége. Természetes azonban, a korona szempontjából nagy jelentőségű ez a folyamat. Tekintettel arra, hogy a korona tömege igen kicsi (A. F. Bogorodszkij és N. A. Hinkulova szerint mintegy 10^{18} g), ezért a disszipáció szakadatlan folyamata következtében a korona anyagának állandóan meg kell újulnia. Ez a „megújulási idő” kb. néhány tíz év nagyságrendű. Feltehető, hogy a korona anyagának megújulása a naplégkör alsó rétegeinek a rovására történik.

Sz. B. Pikelner szerint a napkorona rendellenesen nagy kiterjedése nem lehet véletlen. Ennek fő okát a naplégkör felső rétegeinek igen alacsonyfokú hőleadó képességében látja. Ez a tény pedig a kinetikai hőmérsékletnek a magassággal párhuzamosan való emelkedését idézi elő még akkor is, ha egyébként nagyon gyengének tekinthető a gerjesztés mechanizmusa. Ezek a megfontolások vezették Sz. B. Pikelnert ahhoz a következtetéshez, hogy kétségtelenül hasonló mechanizmusnak kell működnie a többi csillagok légkörében is. Ez viszont azt jelenti, hogy a többi csillag körül is kell nagykiterjedésű koronának lennie.

Feltehető, a többi csillagok hatalmas koronái is hatalmas energiaáramot sugároznak ki a színpük ibolyántúli részében.

III. AZ INTERSZTELLÁRIS ANYAG

Az intersztelláris anyag kérdése az utóbbi időkben különösen a csillagtársulások felfedezése óta egyre élénkebben foglalkoztatja a kutatókat. Kérdés, milyen kapcsolat áll fenn az egyes csillagokból való nagyszabású gázkilövelések és a helyenként kimutatható kondenzációk között. Kérdés az is, hogy miképpen alakulnak ki szilárd részecskék a gázmolekulákból, miben áll a gázanyag és a szilárd részecskék egymásra gyakorolt kölcsönhatása, miképpen zajlik le és milyen következményekkel jár a gáz- és meteorfelhők találkozása, mi a szerepe az intersztelláris anyagnak a protocsillagok kialakulásában. Ezek a kérdések egytől egyig kozmogóniai jelentőségűek.

Az intersztelláris anyag kutatásában nagy fontosságúak a krími asztrofizikai obszervatórium két munkatársának, Sajnnak és Gaze-nak az eredményei. E két kutató 640 mm-es asztrográffal (fényerősség 1:1,4) két vörös fényszűrőn keresztül készítette felvételeit az egyes ködökről. Az egyik fényszűrő keresztülbocsátotta a hidrogén H_{α} vörös vonalának a kisugárzását, a másik pedig csak az e vonalhoz közel eső sávokét. Ilyen eljárásnál meg lehetett különböztetni a gázködeket a gázból és porból álló ködöktől. A gázködök csak az első szűrőn készített felvételen láthatók.

Megállapították, hogy a gázködökben vannak a legforróbb (O és B0 típusú) csillagok, míg a gáz-porködökben „hidegebb” csillagok találhatók.

A ködökről hidrogénfényben készült felvételek sok olyan finomabb szerkezeti részletet is megmutatnak, amelyek a fehérfényben készült felvételeken nem jönnek elő. E finomabb szerkezeti elemek tanulmányozása révén következtetni lehet az őket alakító erőkre is.

Az utóbbi években ezeket a vizsgálatokat két irányba is kiterjesztették. Egyrészt több felvétel készült a hidrogén 3727 Å hullámhosszú tiltott vonalainak fényében, másrészt ugyanezt a módszert alkalmazták az extragalaktikák fényképezésére is. Egyik-másik felvételen (M 31, M 33) feltűnően kivehetők egyes nagyobb gázhalmazok, melyek tömege tízszer, de egyes esetekben ezerszer is felülmúlja a Nap tömegét. Feltűnő továbbá egyes gázfelhőknek a magas hőmérsékletű óriáscsillagok nagyobb csoportjaival való kapcsolata. Ez arra mutat, hogy a mi Galaktikánkhoz hasonlóan más csillagrendszerben is lehetnek csillagtársulások.

A fénylő ködök és az őket megvilágító csillagok között az esetek túlnyomó részében genetikai kapcsolat mutatható ki.

Az ilyen ködök közé tartoznak a planetáris ködökre emlékeztető, szabálytalan alakú, óriási méretű képződmények és némely nova körül megfigyelhető ködszerű képződmények, a torzított gyűrűalakú képződmények vagy egyéb zárt figurák. Néha egy ilyen képződményen belül O—B0 színképtípusú csillagok helyezkednek el. Kétségtelen genetikai kapcsolat mutatkozik egyes kisebb elszigetelt tömörebb ködök és közepükön lévő O színképtípusú csillagok között. Véletlen kapcsolatról csak a szélesen elterülő gyengébb fényű ködfoltok esetében lehet esetleg szó. A genetikai kapcsolat nem jelenti feltétlenül azt, hogy a ködök mindig a bennük elhelyezkedő csillagokból történő anyagkilövelések eredményei. Ez a kapcsolat sokkal mélyebb, hiszen egyes esetekben a gázanyag tömege többszörösen felülmúlja a bennük elhelyezkedő O és B0 színképtípusú csillagok tömegét. Sőt előfordul az is, hogy egy ilyen köd közel ezerszeresen is felülmúlja pl. a Napunk tömegét.

IV. A CSILLAGOK

1. A csillagok fényének polarizációja

Az 1953. évi csillagászati évkönyvben már futólag megemlékeztünk V. A. Dombrovskij polarizációs vizsgálatairól.

Dombrovskij egymaga a Galaktika többszáz csillagát vizsgálta meg ebből a szempontból. Eredményeit a következőkben foglalhatjuk össze:

A polarizáció egyes esetekben a 7—8%-ot is eléri, sőt a Perseus csillagképben a polarizáltság közepes értéke is elérte a 4%-ot.

A polarizáció síkja merőleges a Tejút síkjára, de kimutathatók helyenként kisebb elhajlások is. A térben egymáshoz közel levő csillagok polarizációs foka nagyjából azonos. A $\pm 20^\circ$ galaktikai szélességeken túl a polarizáció már jelentéktelen.

Dombrovskij megállapította, hogy csak gyenge összefüggés mutatható ki egyrészt a csillagok polarizációja, másrészt a csillagok színképosztálya, valamint az intersztelláris elnyelési vonalak intenzitása között.

Egyes nyugati kutatók szerint feltehető, hogy a polarizáció létrejöttét az intersztelláris anyag egyes megnyúlt alakú részecskéin történő fényszóródásra lehet visszavezetni. Ezzel kapcsolatban megemlíthető, hogy van de Hulst ezeket a részecskéket dielektrikus, Spitzer pedig ferromágneses jellegűeknek

tartja. A két kutató szerint a Galaktika gyenge mágneses mezejével hozható összefüggésbe az a tény, hogy egy kitüntetett sík mutatható ki ezen intersztelláris részecskék elhelyezkedésében.

Dombrovskij szerint ez a befolyás nem látszik valószínűnek. Szerinte a csillagok fizikai viszonyaiban kell keresni a polarizáció létrejöttének okát.

2. Novák

1948-ban jelent meg B. A. Voroncov-Veljaminovnak az a műve, amelyben a gázködökkel és a nova csillagokkal foglalkozik. Az azóta eltelt évek során több új nova és szupernova fellángolása volt észlelhető. A megejtett vizsgálatok részben továbbfejlesztették a novákról eddig szerzett ismereteinket, részben pedig kiderült, hogy egyes régebbi részleteket ma már revideálni kell.

Különösen figyelemre tarthatnak számot ezen a téren E. R. Musztel vizsgálatai és megállapításai, amelyek lényege a következő:

A novák különleges típusú csillagok. Térbeli eloszlásuk tekintetében is bizonyos ellentmondással találkozunk. Már B. V. Kukarkin rámutatott arra, hogy morfológiai szempontból a sík alrendszerbe tartoznak ugyan, de ugyanakkor erősen szembe-tűnő a Galaktika centruma irányában fokozódó koncentrációjuk. Jellemző az is, hogy a novák nem fordulnak elő a fényes csillagfelhőkben.

Színképük tanulmányozása révén bebizonyosodott, hogy ezekben a csillagokban rendellenesen nagy a nitrogén, a szén és az oxigén százalékaránya. Musztel valószínűnek tartja, hogy a novák belsejében aránylag kevés a hidrogén. Ez a megjegyzés azért is érdekes, mert a színképvizsgálatok azt tanúsítják, hogy a novák légkörében kb. ugyanakkora a százalékos hidrogéntartalom, mint a többi csillag légkörében. Ezt a kérdést a jövőben még részletes vizsgálatokkal kell tisztázni.

Musztel vizsgálatai kiterjeszkedtek a novák tömegviszonyainak felderítésére is. Kiindulási alapul azt vette, hogy a fényesség maximumának idején jelentékenyen növekednek a csillag méretei. Musztel a méretnövekedések nagysága alapján igyekezett következtetni a novák tömegére. Eddigi megfigyelései és számításai alapján azon a véleményen van, hogy a novák tömege tízszer, százszor, sőt egyes esetekben ezerszer is felül-múlhatja a Nap tömegét.

Musztel vizsgálta a felfúvódás és az összehúzódás folyamatát is. Szerinte a fényesség maximuma akkor következik be, amikor a fotoszféra maximális méreteinek elérése után a nehézségi erő hatására újra megkezdí az összehúzódást. Az a gáz-burok, amely a fényesség maximuma után látható, hirtelenül szakad le a csillagról.

Musztel vizsgálta a csillag tömege és abszolút fényessége közötti összefüggést is a fényesség minimumának időszakában. Kiderült, hogy a két jellemző között egyenes összefüggés áll fenn; annál fényesebb a csillag, minél nagyobb a tömege.

Amennyiben ezek a következtetések helyesek, vagyis a nova-csillagok valóban hatalmas tömegűek és hidrogénben szegények, akkor nagy lépést fogunk előre tenni a fellángolások mechanizmusának a megértésében. Jelenleg ugyanis még ellentmondás mutatkozik a novák hatalmas tömege és a fellángolás időszakán kívüli időpontokban megfigyelhető kis fényessége között. Ezen a téren tehát még további mélyreható kutatásokra van szükség.

3. A csillagok fejlődése

A szovjet csillagászok célul tűzték ki a különböző szinképosztályokba tartozó, illetve fejlődésük különböző stádiumaiban lévő csillagok belsejében lezajló energia felszabadulási jelenségek megmagyarázását. Így pl. egyre többen hajlanak a felé a gondolat felé, hogy a karbonciklus lezáródása és az azt követő összehúzódási folyamat után a csillag újabb fejlődésen megy keresztül (ez az úgynevezett „neutron fázis”), amely biztosítja további energiasugárzását.

A csillagok fejlődése szorosan összefügg mindenkori szerkezetükkel. Figyelembe kell azonban venni azt is, hogy a csillag energiasugárzása megváltoztatja a csillag kémiai összetételét is, mint ahogy ezt a közismert karbonciklus is igazolja. Ilyen módon megváltozik a csillag közepes molekulásúlya, de vele együtt megváltozik a csillag tömege, sugara, fényessége stb. is.

A csillag fejlődése folyamán olyan változásokon mehet keresztül, hogy megváltozik a fényesség-spektrum diagrammon elfoglalt helye. Ez a helyváltozás történhetik a diagramm egyik ága mentén, de nem elképzelhetetlen az sem, hogy a csillag egy intenzív fizikai állapotváltozás következtében egyik ágról „átugrik” a másik ágra és azon „vándorol” a további fejlődése folyamán. Ezek az „átugrások” azonban nem vonatkoztathatók

korlátlanul minden csillagtípusra. A Tejútrendszeren belüli elhelyezkedés és a kinematikai jellegzetességek alapján meg lehet mondani, hogy fennállhat-e genetikai kapcsolat két csillagcsoport között vagy sem. Így pl. nem lehetséges evolúciós átmenet a Nap, úgyszintén a vele egy színeképosztályba tartozó csillagok és a szubtörpék között.

A csillagászat jelenleg már ott tart, hogy a megfigyelés révén kapott adatok és az elméleti fizikai kutatások eredményei alapján már fel tudja építeni a csillagok fejlődésének kvalitatív elméletét. A csillag fejlődése során a belsejében végbemenő magreakciók és az energiakisugárzás következtében állandóan változik a csillag tömege. Vogt-Russell közismert tétele szerint adott tömeg és kémiai összetétel mellett csak egyetlen egyensúlyi konfiguráció lehetséges.

Míg a csillag kémiai összetétele a belsejében végbemenő energia felszabadító folyamatoktól függ, a csillag lehetséges fejlődési iránya a tömegváltozásokkal függ össze.

Ha a csillag tömege gyakorlatilag nem változik, akkor a hidrogénnek héliummá való átalakulása közben a csillag fényessége növekszik, még pedig annál gyorsabban, minél intenzívebb a csillag energiakisugárzása. Az ilyen csillag további fejlődése során nem mindig viselkedik úgy, ahogy a tömeg-fényesség diagram alapján várni lehetne. A csillag ugyanis sokkal fényesebbé válik, mint ahogy azt a tömege után ítélve várnánk. G. A. Maszjevics kimutatta, hogy az ilyen típusú csillagok általában a fősorozat alatt helyezkednek el.

Nemcsak a fejlődés iránya, hanem üteme is főleg a csillag tömegétől függ. Az a csillag, amelynek a tömege kb. a Napéval egyenlő, az említett fejlődésen kb. 10 milliárd év alatt megy keresztül. Ha a csillag kisebb tömegű, hosszabb idő kell a fejlődéséhez. Ezzel szemben mindössze 1 millió évre van szüksége a vázolt fejlődéshez annak a csillagnak, amelynek a tömege 6–7-szeresen múlja felül a Nap tömegét.

Van olyan fejlődés is, amelynek során a csillag tömege lényegesen nem változik. Ezeket a csillagokat az jellemzi, hogy a hidrogénnek héliummá való átalakulása csak a csillag központi részében (a konvektív magban) megy végbe. Ezt a fejlődési lehetőséget igen részletesen vizsgálta 1950-ben V. Sz. Szorokin és A. G. Maszjevics. Az említett két kutató kidolgozta a naptípusú csillagok folytonos kvantitatív fejlődési menetét. Amikor a hidrogénkészlet kimerül, megváltozik a csillag belsejének kémiai összetétele.

A konvektív mag és a külső rétegek közepes molekulásúlyainak egymáshoz való viszonya növekszik. Ebben az esetben a csil-

lag fényessége nő, a sugara is először kisebb mértékben szintén nő, utána azonban csökkenni kezd. A csillagot ábrázoló pont a fényesség-spektrum diagrammon egy kis hurkot ír le az eredetileg őt ábrázoló pont körül. A fényesség és a sugár megváltozása kismérvű. A maximális fényesség növekedés legfeljebb 1,5-szeres lehet. Ezen fejlődési ütem időtartama a Nappal kb. meg egyező tömegű csillagok esetében mintegy 7 milliárd évre tehető. Ennyi idő alatt ugyanis a csillag konvektív magjában lévő hidrogén jelentős része átalakul héliummá, viszont ugyanakkor külső rétegeinek kémiai összetétele gyakorlatilag nem igen változik meg. A vizsgálatok során kiderült az is, hogy a csillag magja és külső héja molekulásúlyainak egymáshoz való viszonya csak egy bizonyos határig növekedhet. Amennyiben ugyanis ezt a határt túllépné, a csillag egyensúlyi konfigurációja felborul. A csillag fejlődésében minőségi változás lép fel. Ez a változás két különböző irányban haladhat. Ha ezt a határt akkor éri el a csillag, amikor konvektív magjában még van bizonyos tömegű hidrogén, akkor a konvekció megszűnik, gyorsított ütemben folytatódik a hidrogénnek héliummá való átalakulása és a csillag meglehetősen gyorsasággal kezd tömörülni. Ha viszont az instabilitás akkor lép fel, amikor a hidrogén éppen elfogy a konvektív magban, akkor a csillag összehúzódik, szerkezetét megőrzi, fényessége pedig közben erősen fokozódik. Ezt a folyamatot nem lehet statikusnak nevezni, mivel a fényesség növekedése egyedül nem képes elvezetni a tömörülés során felszabaduló energiákat. Ilyenkor turbulencia léphet fel és az is előfordul, hogy a csillag anyagának egy részét kivetí magából. Ennek a lezajlása után azonban semmi sem akadályozza meg a csillagot abban, hogy „nyugodtan” fejlődjön tovább. A változás során csökkent a csillag hidrogéntömege, de megváltozott a csillag tömege is, mégpedig aszerint, hogy mennyi anyagot lövelt ki magából a csillag. Éppen ezért az új fejlődési ütem aránylag hosszú ideig tart. Ezek a különböző fejlődési fokok (nyugodt fejlődés, turbulencia, anyagkilövelés) mindaddig váltogatják egymást, amíg a csillag belsejében hidrogén van.

Maszjevics véleménye szerint hasonló fejlődési fázisokon mennek keresztül a fősorozat törpe csillagai is. A különbség mindössze annyi, hogy az utóbbi csillagok fejlődése tovább tart. Az eddigi kutatások során végzett számítások azt mutatják, hogy ha a csillag tömege kb. 0,7 naptömeeggel egyenlő, akkor a fejlődése már nem 7, hanem 30 milliárd év alatt megy végbe.

Amennyiben a csillag tömege az idők folyamán változna, akkor a fejlődés iránya elsősorban attól függ, hogy milyen se-

beséggel megy végbe a változás. A csillag tömegének csökkenésében szerepet játszik ugyan az elektromágneses sugárzás, de az erre visszavezethető anyagvesztesség nem olyan nagymértvű, hogy döntő módon befolyásolná a csillag fejlődését. Ezzel szemben nem eléggé tisztázott dolog az, hogy milyen méreteket ölt a csillagok anyagvesztessége a korpuszkuális sugárzás révén. Feltehető azonban, hogy ez a vesztesség jelentős. A korpuszkuális sugárzást közvetlenül meg lehet figyelni a magas hőmérsékletű csillagoknál.

A szovjet csillagászok azon a véleményen vannak, hogy a csillag tömegének csökkenése a csillag fényességi viszonyaival arányos, ezzel szemben viszont független az anyagkidobás mechanizmusától. Ebből következik, hogy a csillagnak a fényesség-spektrum diagrammon kibontakozó evolúciós görbéje aszerint alakul, hogy miképpen változik a csillag fényessége az idők folyamán.

A csillagok fejlődését eredeti új elmélettel igyekszik megvilágítani V. A. Krat, leningrádi professzor.

Krat elmélete szerint a csillagok kialakulása a meteorfelhővel körülvett gázködökben indult meg. Krat saját hasonlata szerint ezt a modellt úgy kell elképzelni, hogy egy Laplace-féle gázköd egy Ligonde-féle meteorfelhőbe volt beágyazva.

Ebben a primér stádiumban a leendő csillag a gravitációs kondenzáción kívül semmiféle más energiával nem rendelkezik. Miután a gázködöt körülvevő meteorfelhő „leárnýékolja” a kialakulóban lévő csillagot, ezért a hő nem igen tudott kisugározni az intersztelláris térségbe. Figyelembe kell venni azt is, hogy minden potenciális energia hőenergiává alakul át. A csillag hőmérséklete tehát erősen növekszik, miközben a csillag instabilissá válik. Ez az időszak aránylag rövid, mindössze 10^4 – 10^5 évig tart. Ennyi idő alatt a csillag magas hőmérsékletű, gyorsan rotáló óriáscsillaggá fejlődik és az O, illetve a B színképosztályhoz tartozik. A csillag korpuszkuális instabilitása következtében a felszínéről intenzív gázkiömlések indulnak meg. Közben a csillag áthalad a P Cygni stádiumon és Wolf–Rayet típusú csillaggá fejlődik. Ebben az időszakban is sok anyagot veszít gázkiömlések révén, aminek következtében a belső hőmérséklete lényegesen csökken és megszakadnak az előző stádiumban megindult energiefelszabadító magreakciók. Miután a csillag belsejében csökken a nyomás, a csillag „kitágul”. Mivel a csillag belsejében ez a tágulási folyamat adiabatikus jellegű, a hőmérséklet csökkenése tovább tart.

A csillag tágulása az energiefelszabadulás folyamatának megszakadása után is tovább folytatódik bizonyos ideig, mi-

közben vörös óriássá fejlődik. A tágulási folyamat befejeződése után újra tömörülni kezd, belsejében pedig újra megindulnak a magreakciók. Amikor a magreakciók révén felszabadult energiahullámok eléri a csillag felszínét, az instabilissá vált külső réteg leválik róla, és a csillag ezt követőleg fősorozatbeli csillaggá fejlődik.

Zerinváry Szilárd

CSILLAGÁSZAT*

A csillagászat, vagy asztronómia (a görög *asztron* — csillag, és *nomosz* — törvény szavakból) az égitestek és a világegyetem szerkezetének és fejlődésének tudománya. A csillagászat a természettudománynak az az ága, amely az égitestek és azok rendszereinek látszólagos és térbeli eloszlását és mozgását tanulmányozza és egyszersmind azok szerkezetének és fejlődésének kutatásával foglalkozik. Égitesteknek a Napot, a bolygókat és azok holdjait, az üstökösöket, a meteorokat, a csillagokat és ködöket nevezzük. A csillagászat ezenkívül vizsgálja a csillagok és bolygók közötti térben található anyagot is. Ezt a teret anyagi részecskék — atomok, molekulák, ezenkívül ezek együttese, valamint különálló elektronok — töltik ki. A csillagászat foglalkozik azokkal az eljárásokkal is, amelyek lehetővé teszik, hogy az égbolton megfigyelhető jelenségeket az emberiség gyakorlati céljaira felhasználják. Ide tartozik például a földfelületen az égitestek segítségével való pontos idő- és helymeghatározás, a Föld alakjának csillagászati módszerekkel való meghatározása, a különböző helyek földrajzi koordinátáinak kartográfiai célokból történő meghatározása, a Hold és a Nap vonzása által előidézett dagály és apály kutatása, a Napon végbemenő folyamatok bizonyos földi jelenségekre való hatásának vizsgálata stb. Az égitestek vizsgálata kiszélesíti a mechanika, a fizika, és a kémia tapasztalati alapját, mivel az égitesteknél megfigyelhető bizonyos jelenségek (mozgási sebességek, az anyagnak a hőmérséklettől, sűrűségtől, nyomástól stb. függő kölcsönhatásai és fizikai állapota) a földi laboratóriumokban mindezekig még nem voltak előállíthatók. A tudomány történetében számos olyan eset ismeretes, amikor bizonyos törvényeket (például az általános gravitáció törvényét), bizonyos anyagokat (például a héliumot) vagy folyamatokat és állapotokat (például a gázok szupersűrű „elfajult” állapotát) először az égitestek megfigyelése

* Részletek a Nagy Szovjet Enciklopédia számára Asztronómia című alatti K. F. Ogorodnyikov által írt cikkből. Fordította: Faragó László.

során fedeztek fel, a Földön csak később sikerült ezeket a jelenségeket megfigyelni vagy megvalósítani, sőt egyes esetekben azokat földi körülmények között még nem sikerült előállítani.

A csillagászat lehetővé teszi az anyagi világ szerkezetére és fejlődésére vonatkozó kérdések területén a helyes nézetek kialakítását. A csillagászat feltárja a világegyetem szerkezetének materialista képét és bebizonyítja, hogy az égitestek végtelen világában az anyag fejlődése egységes természeti törvények szerint megy végbe, amelyek Földünkre és a legtávolabbi csillagvilágokra egyaránt érvényesek. Az égi jelenségek törvényeinek felfedezése lehetővé teszi az egyre eredményesebb harcot a tudományos gondolat idealista eltorzításai és az áltudományos elméletek ellen. A csillagászatban a materializmus évezredek óta elkeseredett küzdelmet folytat az idealizmus ellen. Ez a harc különösen éles és elkeseredett formákat öltött a mai társadalomban. A modern reakciós burzsoá tudomány képviselői minden olyan időleges nehézséget, amelyet az elavult eszmék és az új felfedezések közötti ellentmondások idéznek elő, arra akarnak felhasználni, hogy olyan idealista nézeteket csempésszenek a tudományba, amelyek a világ nem anyagi voltát, a világegyetem időbeli és térbeli végességét, a világ megismerhetetlenségét stb. hirdetik. Ezen eljárásuk során rendszerint a tudomány új adatai és az új jelenségek magyarázatára alkalmatlan, elavult, pontatlan fogalmak közötti ellentmondásokat játsszák ki. Ezzel ellentétben a szovjet csillagászok és a mögéjük felzárkózó külföldi országok haladó tudósai a természet minden egyes új felfedezését, s minden egyes újonnan megismert törvényszerűségét arra használják fel, hogy az anyagi világra és annak fejlődéstörvényeire vonatkozó ismereteinket elmélyítsék és megszilárdítsák.

I. A csillagászat felosztása

A csillagászat legfőbb feladata a 19. század közepéig az égitestek helyzetének pontos meghatározásában állt. Az égitestek helyzetének és méreteinek meghatározására irányuló módszerek, továbbá a szóbanforgó mérések eredményeinek feldolgozási módszerei, valamint az ezekkel kapcsolatos speciális diszciplínák az *asztrometria* területére tartoznak. A Nap, a Hold és a bolygók helyzetére irányuló nagyszámú megfigyelés mozgási törvényszerűségeik felfedezésére vezetett. Ezeknek a törvényszerűségeknek tanulmányozása, valamint a mechanikának az említett törvényszerűségek mélyreható értelmezésében

elért sikerei, a testeknek a Naprendszeren belül való mozgási elméletének, majd pedig az egyéb, kettős és többszörös csillagrendszereken belül való mozgások elméletének kidolgozásához vezettek. Ezek a kutatások az *égi mechanika* területére tartoznak. A csillagok és csillagrendszerek eloszlásában, mozgásában és fejlődésében mutatkozó törvényszerűségek kutatása, valamint a szobanforgó törvényszerűségek vizsgálatára a statisztikai módszerek alkalmazása jelenti az úgynevezett *sztellár-asztronómia* feladatát. Az égitestek szerkezetének vizsgálata a 19. századig csupán látszólagos fényességük mérésére és néhány olyan égitest felületének megfigyelésére szorítkozott, amelyeknek látszólagos szögméretei megfelelően nagyok. A fényképezés és a színképelemzés feltalálásával, a technika sikereivel, valamint a modern fizika kialakulásával egyidejűleg megindult az égitestek fizikai természetének tanulmányozásával foglalkozó *asztrofizika* gyors kibontakozása.

Magának az asztrometriának is több ága van. A *szférikus csillagászat* az égitestek égbolton látszó helyzetének pontos meghatározására irányuló matematikai módszereket, a földfelületen való pontos idő- és helymeghatározás elméletét az égitestek látszó helyzetéről azok valóságos helyzetére való következtetés elméletét dolgozza ki. A *gyakorlati csillagászat* — az asztrometriának egy másik fejezete — azoknak a legkülönbözőbb fajta csillagászati eszközöknek a leírásával foglalkozik, amelyek az égitesteknek az égbolton való pontos helymeghatározását szolgálják; ide tartozik a csillagászati órák és kronométerek kérdése is. A gyakorlati csillagászat dolgozza ki a megfigyelések metodikáját, valamint azokat az eljárásokat is, amelyekkel ki lehet számítani az égitestek koordinátáinak meghatározásában és az időmérésben elkövetett eszközöi (azaz az eszközök tökéletlenségétől függő) és személyes (a megfigyelő fiziológiai adottságaitól függő) hibákat. A gyakorlati csillagászat területére tartozik a földrajzi koordináták meghatározására irányuló eljárások kidolgozása is. A gyakorlati csillagászatnak fontos alfejezete ezenkívül a *tengerészeti és repülésügyi csillagászat*, amelyekben a megfigyelések metodikája és az eszközök speciálisan a hajóknak a tengeren és a repülőgépeknek a levegőben való pontos helymeghatározására szolgál. Az asztrometriai megfigyelések eredményeként a csillagok helyzetéről katalógusokat állítanak össze. Az asztrometriai megfigyeléseket és kutatásokat hasznosítják a geodézia és kartográfia, továbbá ezeket a megfigyeléseket és kutatásokat felhasználják az égi mechanikában, a sztellár-asztronómiában, s részben az asztrofizikában is.

Az *égi mechanika* a matematikai analízis módszerének felhasználásával az égitestek mozgását a vonzó- és taszító erők hatásának figyelembevételével vizsgálja. Foglalkozik még a mozgás stabilitásának általános feladatával, ezenkívül pedig speciálisan három és háromnál több test gravitációs kölcsönhatásával. Elsősorban a Naprendszerhez tartozó testeknek az általános gravitáció törvénye szerint végbemenő mozgását vizsgálja. A Naprendszerhez tartozó testek mozgásánál, ha a vizsgálat csupán a Nap vonzóerejének hatására terjed ki — amikor a bolygók viszonylag kicsiny kölcsönös vonzóerejét elhanyagolják — az *elméleti csillagászat* kérdéseiről beszélünk, amely mintegy az égi mechanika bevezetéséül szolgál. Ilymódon az elméleti csillagászat az egymást kölcsönösen vonzó két test problémáját vizsgálja. A mozgás általános tulajdonságainak vizsgálatára az égi mechanika úgynevezett minőségi módszereit használják. Konkrét esetekben több egymásra kölcsönös hatást gyakorló égitest mozgását sorozatos közelítések útján határozzák meg. A bolygók és holdjaik mozgásának elméletében ennek az eljárásnak igen nagy a jelentősége. A mozgást első közelítésben a két test feladatából ismeretesnek tételezik fel (az ilyen mozgást perturbálatlannak nevezik). Ezután kiszámítják a perturbációkat, azaz a „zavartalan” mozgástól való eltéréseket, amelyeket a bolygók vonzása idéz elő. Az égi mechanika fontos fejezetei az égitestek alakjának elmélete és a dagályok elmélete.

Az *asztrofizika* az égitestek fizikai állapotának és kémiai összetételének vizsgálatával foglalkozik. A csillagászat nem szorítkozhat csupán az égitestek mechanikai mozgásának és gravitációs kölcsönhatásának elemzésére. A modern fizika rendkívül fontos problémáinak egész sora szoros kapcsolatban van a világűrben található anyag vizsgálatával. Ezek közé a problémák közé tartozik a kozmikus sugarak, a csillagok és a Nap rádiósugárzásának kutatása, valamint az atomenergia sugárzó energiává való átalakulásának vizsgálata. Itt pedig nemcsak az a helyzet, hogy a fizika eredményei hozzájárulnak az asztrofizika továbbfejlesztéséhez, hanem megfordítva, az asztrofizika eredményeinek is fontos szerepük van a modern fizika fejlődésének szempontjából. Az asztrofizika a megfigyelési módszereket kidolgozó *gyakorlati* asztrofotográfiára, asztrofotometriára, asztrospektroszkópiára és a megfigyelési eredmények értelmezését megadó *elméleti* részre osztható (ide tartozik a csillagok atmoszférájának, a csillagok és a Nap, a csillagközi közeg és a meteoranyag belső szerkezetének vizsgálata). Az asztrofizikának ez a felosztása bizonyos mértékig formális és mesterséges, mivel a két alfejezet egymással szoros kapcsolatban van és egymás nél-

kül ei sem képzelhető. Mindazonáltal a felosztás módszertani szempontból előnyös. Az asztrofizika bizonyos területei a kutatási metodika sajátosságai következtében gyakran különböző alfejezetekre oszlanak.

A *sztellárasztronómia* a csillagrendszerek szerkezetének és fejlődésének vizsgálatával foglalkozik. A modern sztellárasztronómia alapjait a 19. és 20. században először külföldön fektették le. A csillagászatnak ez az ága a csillagok és a csillagközi anyag térbeli elosztását vizsgálja, valamint a csillagrendszereket tanulmányozza. A sztellárasztronómia vizsgálja a csillagok mozgásaiban mutatkozó törvényszerűségeket is. A felismert törvényszerűségeket összehasonlítja az égitestek fizikai tulajdonságaival. Ez az összehasonlítás lehetővé teszi az égitestek, valamint az égitestek rendszerének fejlődésével kapcsolatos problémák helyes megoldását.

A csillagászatnak azt a fejezetét, amely speciálisan az égitestek eredetének és fejlődésének kérdéseit vizsgálja, *kozmogóniának* nevezzük. A végtelen világegyetem megfigyelésünk számára hozzáférhető része általános szerkezeti törvényeinek megismerésével a csillagászatnak egy újabb fejezete, a *kozmológia* foglalkozik. A kozmogóniának és kozmológiának alapvetően fontos ideológiai és módszertani jelentősége van. A kozmogónia bebizonyítja, hogy minden egyes égitest az anyag végtelen fejlődési folyamatának eredménye, hogy az illető test azelőtt másmilyen volt, és a továbbiakban megint csak másmilyenné alakul át. A kozmogónia és kozmológia fejlődésében különösen élesen szembetűnik a materializmusnak az idealizmus ellen vívott harca. A modern reakciós burzsoá tudósok az anyag és speciálisan a csillagok „maguktól való” születéséről fecsegnek. A reakciós tudósok a kozmológia kérdéseit vizsgálva, figyelmen kívül hagyták, hogy a végtelen világegyetem korlátozott térségével foglalkoznak, és megfigyeléseik is időben korlátozottak. A világegyetem korlátozott részére vonatkozó törvényeket helytelenül kiterjesztették az egész világmindenségre, s hamis propagandával a világegyetem időbeli és térbeli végeségének, a világ anyagtalan voltának stb. eszméit igyekeznek elterjeszteni. A szovjet csillagászat eredményes harcot folytat ezek ellen az idealista torzítások ellen, és az egyedül helyes materialista világlépet hirdeti.

II. A csillagászat fejlődésének története

A csillagászat az ókorban. A csillagászat tudományának kezdete a távoli ókorba nyúlik vissza, így a csillagászatot helyesen tekintik az egyik legrégebb tudománynak. A csillagászati ismeretek első csirái a társadalom anyagi életének szükségleteiből fakadtak, azzal kapcsolatban, hogy az emberi tevékenységet rendszerint olyan események szabályozzák, mint amilyenek az éjjel és a nappal, valamint az évszakok váltakozása. Az ismeretlen vidékeken, nagy szükség volt a helyes tájékozódásra, az esős vagy a fagyos évszak bekövetkezési időpontjának kiszámítására. Ezek a szükségletek elvezettek a különböző jelenségek törvényszerűségeinek felfedezésére. Rájöttek, hogy számos természeti jelenség nyilvánvaló összefüggésben van a Nap delelési magasságával, jellegzetes csillagok és csillagképek feltűnésével és egyéb csillagászati jelenségekkel. Az ember a legrégebb idők óta megszokta, hogy az időt és az utat a csillagok, a Nap és a Hold alapján határozza meg. Sziklák és kövek mind a mai napig megőrizték azoknak a csillagképeknek a rajzát, amelyet még a történelemelőtti időkben az ősi művészek keze vésett azokba. Az ősember naiv képzelete az égitesteket isteni tulajdonságokkal ruházta fel. Tiszteletükre énekeket és legendákat költöttek és áldozati tüzeket gyújtottak.

Az egyik legelső gyakorlati tudományos feladat, amelyet az ősi népeknek meg kellett oldaniuk, az időszámítás volt. Az időszámításhoz olyan szabályosan ismétlődő jelenségeket kellett felhasználni, amelyek a megfigyelés számára könnyen hozzáférhetők voltak. Ilyen jelenségek voltak a Földnek az éjszaka és nappal váltakozását előidéző saját tengelye körüli forgása és az évszakok váltakozását előidéző napkörüli keringése.

Az időszámítás tartama eredetileg egy napra terjedt, napkeltével kezdődött és napnyugtával végződött. A régi egyiptomiak például a napot négy részre osztották. Amint a társadalmi élet bonyolultabbá vált, szükségszerűen felmerült, hogy a napot kisebb részekre osszák. Ez a szükséglet lassanként az időszámítás modern rendszeréhez (óra, perc, másodperc és annak részei) vezetett. Az emberek azonban már jóval ezelőtt is észrevették a teljes napnak, mint olyan periódusnak állandóságát, amely két egymásután következő szakaszt: a nappalt és az éjjelt foglalja magában. Az ókori emberek észrevették, hogy a nappal időtartama az év folyamán nem marad állandó, és hogy a nappal tartamának megrövidülése az éjszaka meghosszabbodásával jár együtt. Az ember által készített első órák a napórák voltak. Ezek az órák az idő múlását egy földbe erősített rúd árnyékának mozgásával mérték.

Az állattenyésztés és a földművelés, az ókori népek két legfontosabb termelési ágazata, az időjárás évszakos változásaival volt kapcsolatos. Ezek a termelési ágazatok megkövetelték az időszámításnak hosszabb időközökre való kiterjesztését. Ehhez elsősorban a Hold fázisváltozását használták fel, amelynek periódusa átlagosan 29,53 napos. A Hold fázisváltozásának periódusát a csillagászat történetének már a legkorábbi szakaszában megállapították. Azt az időközt, amely két egymásután következő újhold közt telik el, a legrégebbi idők óta hónapnak nevezik. A teljes nap után a hónap vált a nagyságban következő időszámítási egységgé. A még hosszabb időközök mérésére az év szolgált. Az olyan országokban, ahol a földművelés nem játszott különösen nagy szerepet és ahol az évszakok közti különbség sem volt különösen pregnáns, az időszámítás alapjául az úgynevezett holdév szolgált, amelynek időtartama 12 holdhónap, azaz 354 nap volt. Az olyan országokban viszont, ahol az évszakokhoz kötött mezőgazdasági munkáknak döntő jelentőségük volt a társadalom anyagi életének szempontjából, az időszámítási egység a napév volt, amelynek tartama 365 napot tett ki. A napév tartamát ugyanis éppen az évszakok (tavasz, nyár, őszi, tél) váltakozása határozza meg. Az évszakokhoz kötött jelenségeknek különösen nagy jelentőségük volt az olyan országokban, mint amilyen Egyiptom, Babilon, az ókori Kína és India. Ezekben az országokban a termékeny talaj főként a nagy folyók völgyében található, a mezőgazdasági munkák elvégzésének idejét pedig az esős évszak beállta és a folyók áradása határozta meg. Ezek az áradások nem csupán az alföldek öntözésére szolgáltak, hanem egyszersmind gyakori és pusztító árvizeket is okoztak. Ezért a legfontosabb feladat itt az esős évszak előrejelzése volt. Egyes országokban megfigyelték, hogy az esős periódust közvetlenül megelőzi bizonyos fényes csillagoknak napkelte előtt való megjelenése. Szükségessé vált tehát a csillagok ilyen héliákikus kelésének megfigyelése, ami nagy mértékben hozzájárult Egyiptomban és a többi ókori államban a csillagászati megfigyelések fejlődéséhez. Ezt előmozdította az a szükséglet is, hogy össze kellett egyeztetni a holdhónapokat és a napévet, ami a naptárkészítés egyik legfontosabb feladata. A naptárkészítés közvetlenül összefügg a társadalom anyagi életének szükségleteivel. A pontos időszámítás a papok kezében volt. Ennek többek között az volt az oka, hogy a naptárnak vallásos jelentősége is volt, mivel a naptár segítségével szabályozták a különböző vallásos ünnepek időpontját; ezeknek az ünnepeknek a keletkezése viszont összefüggött a társadalom anyagi életének sajátosságaival. Az ókori csillagászat összefügg-

gött az asztrológiával is; ez az áltudomány azzal foglalkozott, hogy az égitestek mozgása alapján megjósolja az emberek élet-történetét és sorsát. Az ókori emberek, anélkül, hogy ismerték volna az égitestek természetét, vagy azok mozgási törvényeit, durva tévedésben voltak azoknak a földi életre vonatkozó esetleges hatása értékelésében. Egyes népeknél széles körben elterjedt az „égi jelekben” — szokatlan égi jelenségekben (hold- és napfogyatkozások, fényes üstökösök megjelenése, csillaghullás, fényes meteorok, meteorithullás stb.) való hit. Azt hitték, hogy az égi jelek katasztrófák: háború, éhínség, járványok stb. előhírnökei.

Időszámításunk előtt a 4. században Si Seri kínai csillagász összeállította az első csillagkatalógust, amely 800 objektumot tartalmazott. Időszámításunk előtt a 6. században a csillagászat már jelentős mérvű fejlődést ért el. Így a kínaiak és babilóniaiak előtt ismeretessé vált az úgynevezett *Szárossz*-ciklus, azaz a nap- és holdfogyatkozások ismétlődésének periódusa, amely lehetővé tette a fogyatkozások bekövetkezésének előrevaló megállapítását.

A gyakorlati élet szükségletei az égitestek — a Nap, a Hold és a bolygók, azaz a „vándorló csillagok” — pontos és rendszeres megfigyelésére sarkaltak. Az ókori népek hét bolygót ismertek, úgy, hogy a Holdat és a Napot is bolygóknak számították. A bolygók az idők során a csillagok között meglehetősen bonyolult mozgásokat végeznek. Ezeknek a mozgásoknak vizsgálata a látszólagos bolygómozgások első szabályainak felfedezéséhez, valamint az égboltozaton való, tetszőleges időpontban elfoglalt helyzetű különböző számítási módszereinek megalkotásához vezetett.

A burzsoá tudósok csak fogyatékosan dolgozzák fel, és gyakran durván eltorzítják a csillagászat fejlődésének történetét az ókori népeknél — különösen pedig Kínáét és Indiáét. A hivatalos burzsoá történészek mindenféle jogos és jogtalan eljárással arra törekedtek, és napjainkban is arra törekcszenek, hogy bebizonyítsák „az európai kultúra fölényét” a többi nép kultúrájával szemben. A csillagászat burzsoá történészei is megkísérelték bebizonyítani, hogy a feudalizmus korszakában nem létezett „igazi” tudomány, és minden eszközzel túlozták a burzsoázia szerepét a tudományok „renaissance-ában”. A csillagászat igazi, valóban tudományos története eredményesen csak a Nagy Októberi Szocialista Forradalom után kezdett kibontakozni.

A csillagászat nagy eredményeket ért el az ókori Görögországban. Az ókori Görögország társadalmi szerkezetének tulajdonságai előmozdították a tudomány fejlődését. A görögök gaz-

daságilag kapcsolatban voltak a távoli országokkal és távoli utazásokat tettek. Az egyiptomi és babiloni tudomány eredményeit nemcsak átvették, hanem jelentős mértékben tovább is fejlesztették, elsősorban egy naív-materialista világkép megalkotásának irányában. Következtetéseikben a mindennapi gyakorlat adataira támaszkodtak. A milétozsi *Thalész* (időszámításunk előtt 624—547) a Földet még a vizen úszó lapos korongnak tekintette. Nem sokkal később azonban *Pithagorász* iskolája (időszámításunk előtt a 6. században) az általa megalkotott világkép alapjává a Föld gömbalakjára vonatkozó tanítást tette. A pithagoreusoké az első kozmológia megteremtésének érdeme. Azt tanították, hogy a Föld és vele együtt a többi égitest is az általuk elképzelt „központi tűz” körül kering. Ezek a pithagoreusok a körmozgást „tökéletes” mozgásnak tekintették és ennek következtében felfogásuk szerint az égitesteknek is körpályákon kell keringeniök. Szerintük minden bolygó bizonyos kristálygömb felületéhez van erősítve, és a bolygók körmozgását ennek a gömbnek a forgásával lehet megmagyarázni. Ezek a gömbök egymásba vannak helyezve. Az állócsillagok gömbje a bolygók szféráján túl helyezkedik el, és annak körforgása egy teljes nap alatt megy végbe. A pithagoreusok tanítása azonban tisztán spekulatív jellegű volt. A bolygók látszólagos mozgásának matematikai elméletét a koncentrikus gömbök segítségével a knidoszi *Eudorosz* (időszámításunk előtt 408—355) görög matematikus dolgozta ki. Amint a bolygókra vonatkozó megfigyelések gyarapodtak, a mozgási sajátságaik (előre- és hátrafutó mozgások, állás) leírásához szükséges gömbök száma gyorsan növekedni kezdett.

Arisztotelész (időszámításunk előtt 384—322) általános világképet állított fel. Arisztotelész világképére nyíltan felismerhető idealista és metafizikai vonások jellemzőek. Szerinte a Föld sajátságos természete következtében központi helyet foglal el ebben a világrendszerben, ezután következik a víz és a levegő, végül pedig a tűz, amely a levegő és a Földhöz legközelebb eső égitest, a Hold kristálygömbje közötti teret teljes egészében kitölti. Az égitestek tartományát sajátságos rendkívül könnyű és tökéletes elem, az éter tölti ki. Ez adja egyszersmind ezeknek az égitesteknek az anyagát is. Az éter tökéletessége abban áll, hogy a körpályán való egyenletes mozgás kivételével semmiféle változást és mozgást nem enged meg. Az éter tartományát kívülről az állócsillagok gömbje határolja és ezután veszi kezdetét az „első mozgató”, azaz a mozgás ősforrásának tartománya, amelyen Arisztotelész a szellemet értette. Az „első mozgató” készíti a kristálygömböket arra, hogy a Föld körül ke-

ringjenek. A Földdel és annak változékony természetével Arisztotelész szembeállítja a tökéletes eget, annak örökké változatlan éterével együtt. Arisztotelésznek ez a metafizikus felfogása rendkívül fékező hatást gyakorolt a tudomány fejlődésére; ezt a tanítást a középkorban a keresztény egyház a tudomány elleni harc szolgálatába állította. Arisztotelész nevéhez fűződik a Föld gömbalakjának csillagászati bizonyítása, amely egyszerűen azon alapul, hogy a csillagos égbolt képe megváltozik, ha a megfigyelő észak-déli, vagy dél-északi irányban utazik, másrészt pedig azon, hogy a Föld holdfogyatkozások idején köralakú árnyékot vet a Holdra. Arisztotelész tanítása úgyszólván az ógörög természetfilozófia egész korszakának összegezése.

Időszámításunk előtt a 3. századdal kezdődőleg az antik tudomány centruma Alexandriába tevődik át. Az alexandriai tudósok felújították az égbolt rendszeres megfigyelését, miközben a gyakorlati kérdések újból előtérbe kerültek. *Eratoszthenész* (időszámításunk előtt 276—194) meghatározta a földgömb méreteit; számításai olyan elgondoláson alapultak, amelyek alapján előfutárjává vált a legújabb fokméréseknek. *Hipparchosz* (időszámításunk előtt a 2. században) megfigyeléseit az általa készített pontos szögmérőeszközök segítségével végezte. A csillagászat Hipparchosznak egy olyan csillagkatalógus összeállítását köszönheti, amely feltünteti az égboltozat mintegy ezer legfényesebb csillagának helyzetét. A napév időtartamát Hipparchosz 6 percnél nem nagyobb hibával határozta meg. Nevéhez fűződik a napéjegylenlőség előrehaladásának, a precesszió-nak, vagyis annak a jelenségnek a felfedezése, hogy a tavaszi napéjegylenlőség pontja az ekliptika mentén lassan elmozdul. Hipparchosz meglehetősen pontosan meghatározta a Holdnak a Földtől való távolságát és a Hold méreteit is. Hipparchosz munkái nem maradtak ránk. Ezekről csak Klaudiosz *Ptolemaiosz* (időszámításunk után a 2. században) munkájából tudunk. E munka arab címe — „Almagest” — alapján vált ismertté. Az Almagest az akkori idők csillagászati enciklopédiája. Ptolemaiosz valószínűleg Hipparchosz műveinek hatására a bolygók látszólagos mozgását nem a kristálygömbökkel magyarázza. Eszerint az elmélet szerint a Föld mozdulatlan és a világegyetem középpontjában tartózkodik. A Föld körül deferenseknek nevezett körpályákon mozog a többi kör középpontja. Ez utóbbi körök neve: epiciklusok. Maguk a bolygók az epiciklusok mentén mozognak. A bolygók látszólagos mozgása ily módon Hipparchosz elmélete szerint két körmozgás összetétele. Az előbbiekben bemutatott világrendszert általában Ptolemaiosz-féle világrendszernek szokták nevezni. Az Almagest a világ-

rendszer bemutatásán kívül a csillagászat más fejezeteiből is tartalmaz adatokat. Ezek az adatok az alexandriai csillagászat nagyfokú fejlettségére utalnak. Erre mutatnak a szamoszi *Arisztarchosz* (időszámításunk előtt a 3. század közepén) munkái is. Archimédész közlése szerint Arisztarchosz azt tanította, hogy a világ központjában a Nap áll, és a Föld, valamint a többi bolygó a Nap körül körpályán kering. Arisztarchosz ezenkívül azt tanította, hogy az állócsillagok gömbje végtelen nagyméretű ahhoz a körhöz képest, amelyen a Föld kering. Az állócsillagok gömbje szintén mozdulatlan, akárcsak a Nap. A csillagoknak az égboltozaton való látszólagos napi mozgása a Föld tengelykörüli forgásával magyarázható. Arisztarchosz így módon zseniális előfutárja volt Kopernikusz heliocentrikus világnézetének, amely csak 18 századdal később jött létre.

A csillagászat a középkorban. A 7—12. században a tudomány és a kultúra virágzásnak indul a Közel- és Távolkelet országaiban, Perzsiában és Indiában. A 9. században Bagdadban és Damaszkuszban két csillagászati obszervatóriumot állítottak fel, amelyekben a Napra, a Holdra és a bolygókra vonatkozó rendszeres megfigyeléseket végeztek. Ismeretes két csillagásznak, *Ferganinak* és *Bataninak* neve, akik olyan csillagászati kézikönyvet adtak ki, amelyben bizonyos új eszmék is kifejezésre jutottak. A Közelkelet országainak csillagászai kiváló minőségű csillagászati eszközökkel: fali kvadránsokkal és *asztrolábiумokkal* rendelkeztek, amelyekkel rendszeres megfigyeléseket végeztek, és egyes esetekben nagyobb pontosságot értek el, mint a görögök. Érdemeik közé tartozik, hogy a Ptolemaiosz-féle világkép alapján a bolygók mozgásáról pontosabb táblázatokat állítottak össze. *Szufi* perzsa csillagász újból kiadta Ptolemaiosz csillagkatalógusát, több évszázadra előre számításba véve a precesszió hatását. A látszólagos csillagnagyságrendeket Szufi újonnan, s az eddigieknél pontosabban határozta meg.

Ugyanakkor, amikor a csillagászat a Közel-Kelet országai-ban magas fejlettségre jutott, jelentősmérvű fejlődésen ment át Közép-Ázsia azon területeinek népeinél is, amelyek jelenleg a Szovjetunióhoz tartoznak. *Abu-Reihan Biruni* (973—1048), a nagy horezmi enciklopédikus tevékenységének csúcspontja a 11. század első felére esik. Az ő nevéhez fűződik az a traktátus (értekezés), amely a világ népeinek időszámításával foglalkozik. Biruni több mint negyven csillagászati munkát írt; meghatározta többek között a Föld egy legnagyobb körének hosszát, oly módon, hogy megmérte egy hegy csúcsáról a horizont depressziószögét. Biruni állandóan kifejezésre juttatta azt a véle-

ményét, amely szerint lehetséges, hogy a Föld mozog, úgy hogy joggal tekinthetjük őt a szamoszi Arisztarchossal együtt Kopernikusz előfutárjának. Omár *Khájjam* (1040—1123) tadzsik tudós a 11. század végén és a 12. század elején számos mélyenjáró eszmét juttatott kifejezésre a világ időbeli és térbeli végtelen voltára, valamint a világ megismerhetőségére vonatkozólag. A 14. században Azerbajdzsánban, Marage város környékén *Naszireddin* (1201—74) csillagász egy nagy és jól felszerelt obszervatóriumot alapított. Az eszközök egy részét maga Naszireddin készítette. A megfigyeléseket munkatársaival együtt végezte. Sokéves munkásságuk eredményeként összeállították az úgynevezett ilhani bolygótáblázatokat, amelyeket Kelet valamennyi országában egy teljes évszázadon át használtak. Naszireddin érdeme, hogy az abban az időben fennálló kristálygömbök és epiciklusok rendszerét megpróbálta jelentősen egyszerűsíteni. Naszireddin munkásságának jelentőségét mindennél világosabban tanúsítja az a tény, hogy az akkori idők egyes arab történészei Naszireddint Ptolemaioszhoz hasonlították. Később, a 15. században a csillagászat még jobban kifejlődött Szamarkandban *Ulug-bek* (1394—1449) uralkodása alatt, aki udvarában több mint száz tudóst gyűjtött össze, egy obszervatóriumot alapított, amelyet teljes egészében maga szerelt fel. Az obszervatórium szextánsának sugara körülbelül negyven méter volt. A szamarkandi csillagászok megfigyeléseinek pontosságára elegendő csak annyit mondani, hogy az obszervatórium földrajzi szélességét, valamint az égi egyenlítő és az ekliptika síkja közötti szöget oly nagy pontossággal határozták meg, hogy mérési hibájuk nem volt nagyobb az ívperc néhány tizedrészénél. Az ily nagyfokú pontosság egészen egyedülálló abban az időben, ha figyelembe vesszük, hogy a megfigyeléseket akkor még szabadszemmel végezték. Ulug-bek parancsára új bolygótáblázatokat állítottak össze, amelyeket az uralkodó nevééről neveztek el. Tudományos szempontból különösen nagyjelentőségű az obszervatóriumban összeállított nagy csillagkatalógus, amely 1019 csillag helyzetét tünteti fel. A katalógus rendkívüli tudományos értéke abban rejlik, hogy a Hipparchosz óta eltelt 16 század után első ízben adja meg a csillagok teljesen újonnan meghatározott helyzetét. Si Sen és Hipparchosz után csak Ulug-beknek sikerült új csillagkatalógust összeállítania, aki tökéletesen megértette a csillagkatalógusok tudományos jelentőségét. Ulug-bek után a csillagkatalógusok összeállítása a csillagászat egyik hétköznapi feladatává vált.

Nyugat-Európában az 5—12. században a naturális gazdálkodást folytató és a kereskedést csak korlátolt keretek között

úzó feudalizmus körülményei között a társadalom anyagi életének lényegbevágó szükségletei még nem követelték meg a mélyenjáró, általánosító tudomány kialakulását. A feudalizmus kezdeti korszakában keletkezett keresztény ideológia ellenséges álláspontot foglalt el az antik tudománnyal szemben. A műveltség a papok monopóliuma volt. Az egyetemen szoros egységben a skolasztika és a teológia uralkodott. Az *alkímia* és az *asztrológia* széles körben elterjedt, a varázslásba és a kuruzslásba vetett hit uralkodott. A világkép alapját a 12. századig alapjában véve a biblia szolgáltatta, és az annak helyessége iránti legkisebb kételyt is kegyetlenül üldözték. A feudális Európában a 13. században kifejlődtek az iparral és kereskedelemmel együtt a városok. A feudális széttagoltság azonban megakadályozta a szabad árucserét. A kereszteshadjáratok idején (a 11—13. században) az európai lovagság és szerzetesség érintkezésbe került a keleti kultúrával. Az egyház az új körülményekhez alkalmazkodva kénytelen volt megengedni a görög tudomány bizonyos eredményeinek felhasználását. Arisztotelész tanítása geocentrizmusával és az „ideális égnek” a „bűnös földdel” való szembeállításával különösen jól illett az egyház kívánalmaihoz. A csillagászat bizonyosmértű fejlődésen ment át a 13. században Spanyolországban, amikor X. Alfonz kasztíliai király (1226—1284) Toledo város környékén csillagászati obszervatóriumot építtetett, ahol összegyűjtötte kora legkiválóbb csillagászainak egy csoportját. Toledóban a király útmutatásai alapján új holgótáblázatokat állítottak össze, amelyek Ptolemaiosz rendszerén alapultak. Ezek a táblázatok pontosságukkal jelentősen felülmúltak minden megelőző táblázatot, és Európában mindenfelé elterjedtek.

Nicolaus Cusanus (1401—64) már a 15. században azt tanította, hogy a Föld nem lehet mozdulatlan, mozgása azonban számunkra észrevehetetlen, mint ahogyan a csónak mozgását sem veszi észre a benne utazó ember. Ugyanakkor Bécsben *Purbach* és Nürnbergben Johann Müller — aki a *Regiomontanus* nevet használta — felújították a Ptolemaiosz-féle világrendszert, s rámutattak arra, hogy az elmélet továbbfejlesztésének eszköze a rendszeres megfigyelés. A tengerentúli országokkal való kereskedelem fejlődése azt eredményezte, hogy az északi félgömbről a délre utazó hajósok megfigyelték, hogy a különböző szélességeken különböző csillagképek láthatók, és így saját tapasztalatuk alapján meggyőződtek a Föld gömbalakjáról. Amerika felfedezése (1492) és az első világmegkerülő utazás (1519—22) véglegesen bebizonyította, hogy a Föld gömbalakú. A nyílt tengeren való tájékozódás szüksége megkövetelte a csillagászati

módszerek használatát. De másfajta gyakorlati feladatok megoldásának szükségessége is hozzájárult a csillagászat fejlődéséhez. Ilyen volt például a naptár korrekciójának feladata. A tavasz kezdetének időpontja a 15. században már jelentősen eltolódott és március 21-e helyett március 11-ére esett. A Hold mozgásáról összeállított táblázatok sem egyeztek már meg a megfigyelési adatokkal.

A csillagászat harca a heliocentrikus világképért; az általános gravitáció törvénye. A feudális skolasztikát felváltó és mind jobban kibontakozó burzsoá tudomány első feladata az elavult világszemlélet, s ezzel együtt Ptolemaiosz rendszerének felszámolása volt. *Mikolaj Kopernik* (Kopernikusz), a nagy lengyel tudós alkotása: „De revolutionibus orbium caelestium” (Az égi körök forgásáról) 1543-ban jelent meg; ez a mű a természettudomány területén forradalmi jellegű volt, s az egyházi tekintély nyílt kihívását jelentette. Kopernikusz ebben a művében megcáfolta a Föld mozdulatlanságának tanítását, valamint a bolygók mozgásáról kialakított bonyolult és zavaros ptolemaioszi képet, s kellőképpen megalapozta azt az állítást, hogy a Föld mozog. Amint a bolygókra vonatkozó csillagászati megfigyelések egyre pontosabbakká váltak, mozgásaik pontos leírása a Ptolemaiosz-féle rendszer segítségével egyre bonyolultabbá és mesterkéltébbé vált. Ezzel szemben a bolygók bonyolult, hurokszerű mozgásai természetes és egyszerű magyarázatot nyernek, ha feltesszük, hogy a Föld mozog. Kopernikusz abból indult ki, hogy a bolygók általunk megfigyelhető mozgásai viszonylagos mozgások, amelyeket a mozgó Földről figyelünk meg. Így az égboltozat látszólagos napi körforgása csupán a Föld forgásának következménye. Maguk a csillagok „mozdulatlanok” maradnak, s ezért nincs szükség többé semmiféle „szférára”, amelynek mozgása előidézi azoknak az égboltozaton való naponkénti mozgását. Így a bolygók előre- és hátrafutó mozgásai, amelyeket a Ptolemaiosz-féle rendszer alapján csak különböző körpályákon való bonyolult mozgások kombinációiként lehetett magyarázni, teljesen természetes értelmezést nyertek a bolygók és a Föld napközi mozgásával. A kopernikuszi elmélet forradalmi gondolata abban rejlik, hogy a Föld nem középpontja a világegyetemnek, hanem maga is csak egy bolygó. Merész szellemek tűntek fel, akik messzemenő következtetéseket vontak le ebből a tanításból; de az egyetemeken is sokan propagálták, és a széles tömegek között is számosan népszerűsítették azt. A kopernikuszi tanítás egyik legmélyebb és legsokoldalúbb követője Giordano Bruno (1548–1600), a zseniális olasz költő és filozófus volt, akit a katolikus egyház haladó nézeteiért máglyán

égettetett meg. Bruno azt tanította, hogy a világegyetem végtelen, és hogy a Nap körül keringő bolygók — e benépesült világok — száma is végtelen. Ugyanis, ha a bolygók is ugyanolyan égitestek, mint a Föld, akkor ezeken is létezhet élet. A távoli „mozdulatlan” csillagok ugyanolyan hatalmas izzó csillagok, mint amilyen a mi Napunk, s ezek körül is számtalan, a mi bolygónkhoz hasonló, lakott világ kering. Bruno ezzel a tanításával megcáfolta a keresztény világfelfogást, amely azon alapul, hogy az ember az isteni teremtés koronája, és hogy az egész világegyetem az emberért jött létre. Kopernikusz tanítása ily módon kibékíthetetlen ellentmondásba jutott az egyház tanításával, és a két tanítás közti összeütközés elkerülhetetlenné vált. A tudomány egész soron következő fejlődése igazolta azt az örök igazságot, hogy a történelem menetét nem lehet üldözéssel és máglyával megállítani.

Galileo Galilei (1564—1642) ragyogó tudományos felfedezései pompás fizikai és filozófiai érveket szolgáltatottak a kopernikuszi tanítás mellett. Galilei a tehetetlenség törvényének felfedezésével megdöntötte a Föld forgásának lehetősége ellen felhozott egyik legjelentősebb érvet. Galilei szerint valamennyi földi testnek részt kell vennie a Föld forgásában, s ezek nem maradhatnak el a Földtől, amint azt Arisztotelész tanította. Galilei 1604-ben egy „új” csillag felvillanását észlelte, ami alkalmat szolgáltatott arra, hogy fellépjen az égboltozat változatlanságát hirdető skolasztikus tanítással szemben. 1609-ben Galilei az emberiség történetében először irányította az ég felé az általa készített távcsövet. Benne megpillantotta a Hold hegyeit és a napfoltokat, ami megint új érvet szolgáltatott a „tökéletes ég” és a „bűnös föld” szembeállítására ellen. Galilei felfedezte a Jupiter négy holdját, és felfedezését úgy értelmezte, hogy az például szolgál a Nap körül holdjaikkal együtt keringő bolygókra. Ez megint csak új ellenérvet jelentett Kopernikusz ellenfeleivel szemben, akik bizonyítás nélkül azt állították, hogy lehetetlen, hogy a Hold a Föld körül és ugyanakkor a Föld a Holddal együtt a Nap körül keringjen. A katolikus egyház 1616-ban Kopernikusz tanítását hivatalosan betiltotta és indexre helyezte az összes olyan könyvet, amely a kopernikuszi rendszert propagálja. Galilei azonban 1632-ben kiadta a „Dialógus a két legfőbb világrendszerről, a ptolemaiوسي és kopernikuszi rendszerről” szóló művét, amelyben újból bebizonyítja Kopernikusz tanításának helyességét. Erre válaszként Galileit az inkvizíció elé idézték, és kínvallatással, valamint valamennyi művének elpusztításával fenyegetve arra kényszerítették, hogy a heliocentrikus világrendszerre vonatkozó összes tanítását vonja

viszsa. A bolygók mozgási törvényeinek és az általános gravitációnak felfedezése végül is végérvényesen bebizonyította a Ptolemaiosz-féle rendszer helytelenségét és a kopernikuszi rendszer igazát.

Galilei felfedezései bebizonyították Kopernikusz tanításainak helyességét, azonban nem tudták megokolni, hogy miért keringenek a bolygók oly csodálatos szabályszerűséggel a Nap körül. Kopernikusz, aki tanításának középpontjába a Föld mozgásának helyes eszméjét állította, még nem tudott teljesen megszabadulni a skolasztikus eszmék bilincseitől. Továbbra is úgy tekintette, hogy a bolygók csak körpályákon keringhetnek és csak egyenletes mozgást végezhetnek. A valóságban azonban a bolygók pályáikon nem egyenletesen mozognak. Pályaalakjuk különbözik a körtől. Kopernikusz ezért kénytelen volt megtartani a Ptolemaiosz-féle epiciklusokat, de nem a hurokszerű mozgások magyarázatára, hanem csupán a bolygók pályamozgásában mutatkozó viszonylag kismértékű egyenetlenségek értelmezésére. A bolygók mozgásának képe ily módon továbbra is túlságosan bonyolult és mesterkélt maradt ahhoz, hogy remélni lehetett volna e mozgások általános törvényszerűségének megtalálását. A kopernikuszi elmélet továbbfejlesztésének, a bolygómozgások törvényszerűségei felfedezésének érdeme egy német csillagász, *Johann Kepler* (1571—1630) nevéhez fűződik. Kepler másfél éven át munkatársa volt Tycho de *Brahe*-nek (1546—1601) a dán megfigyelő csillagásznak, aki abban az időben Prágában élt. A Brahe által végzett többéves csillag- és bolygó-megfigyelések eredménye Brahe halála után Kepler szabad rendelkezésére álltak. Kepler 12 termékeny évet töltött Prágában. Valamennyi képességét a bolygómozgások igazi törvényeinek felfedezésére fordította, mivel világos volt előtte, hogy Kopernikusz elmélete még távol van a tökéletességtől. Kilencesztendős kemény kutatómunka után 1609-ben felfedezte első két híres törvényét. Az első törvény szerint a bolygók ellipszis-pályákon mozognak, úgy, hogy a Nap az ellipszis egyik gyújtópontjában áll. A második törvény szerint a bolygó úgy mozog elliptikus pályáján, hogy a Napot és a bolygót összekötő egyenes egyenlő idők alatt egyenlő területeket surol. Ezért a bolygó nagyobb sebességgel mozog, amikor pályájának a Naphoz legközelebb eső részén tartózkodik; viszont naptávolban sebessége kisebb. Tíz év múlva, 1619-ben végül Kepler közzétette harmadik törvényét, amely összefüggést állapít meg a bolygók Nap körüli keringési idejei és pályájuk méretei között: a bolygók Nap körüli keringési idejeinek négyzetei arányosak a Naptól való közepes távolságaik köbével. A Kepler-törvények felfedezésével világossá vált (amint

azt maga Kepler is észrevette), hogy a bolygók mozgásának törvényszerűségei a Nappal kapcsolatos erőkkel függenek össze.

A következő korszakban — a folytatódó tőkefelhalmozódás, a burzsoázia fokozódó osztálytudatának és a 17. század második felében kezdődő polgári forradalmak korszakában — a társadalom anyagi életének szükségletei előmozdították a mechanika gyors továbbfejlődését. Többek között fejlődésnek indult a mechanika egy újabb fejezete: az égi mechanika. Isaac Newton (1643—1727), az általános gravitáció törvényének felfedezője, első ízben bizonyította be, hogy a bolygók elliptikus pályákon való keringésének oka a Nap vonzóereje. Newton az általa megfogalmazott mechanikai törvényekből kiindulva, exakt matematikai módszerrel kiszámította, hogy a Nap vonzóereje a Naptól való távolság négyzetével fordított arányban változik. Viszont a bolygók is külön-külön vonzóerők forrásai. Ilyen forrás a mi Földünk is, amely egyetlen kísérőjét, a Holdat, arra kényszeríti, hogy körülötte keringjen. Newton ily módon arra a következtetésre jutott, hogy az összes égitestet az egységes és közös vonzóerő kapcsolja egymáshoz. Newtonnak már csak az utolsó lépést kellett megtennie: be kellett bizonyítania, hogy a közönséges nehézségi erő, amelyet napról napra a bőrünkön érzünk és észlelünk, ugyanaz a gravitációs erő, amely a Holdat Föld körüli pályáján tartja. Newton a bizonyítás munkáját pontos számítással végezte el. Ezenkívül bebizonyította, hogy a vonzóerő nemcsak fordítva arányos a vonzást kifejtő testtől való távolság négyzetével, hanem ennek a testnek a tömegével egyzersmind egyenesen arányos. Ezt fejezi ki éppen az általános gravitáció törvénye, vagy rövidebben a Newton-féle törvény. A 17. század második felében Kopernikusz tanítását már számos tudós elfogadta, a 18. században azonban ez a tanítás fokozatosan általánosan elfogadott igazsággá vált és helyet foglalt az iskolai tankönyvekben is. Ily módon, amikor 1835-ben végül a katolikus egyház feloldotta a kopernikuszi tanításra kimondott tilalmat, ez már csak az eltagadhatatlan helyzet által kikényszerített engedmény volt. Ami a Föld forgásának újabb bizonyítékait illeti, ezen a területen is sok új felfedezéssel gazdagodott a tudomány: ilyenek a passzát-szelek, a Földnek a sarkoknál való lapultsága, Ber törvénye, a nehézségi erő változása a földrajzi szélességgel, az eső testek kelet felé való eltérése s a Foucault-inga. A Föld Nap körüli keringésének újabb bizonyítékául szolgált a fény ú. n. évi aberrációjának 1727-ben felfedezett jelensége és az 1835–40-es években a legközelebbi állócsillagok évi parallaxisának észlelése. Az általános gravitáció törvényével nemcsak a bolygók mozgásának valamennyi sajátosságát sike-

rült megmagyarázni, hanem számos más jelenséget is, mint amilyenek például az üstökösök mozgása, a Hold mozgásának sajátosságai, a dagály és az apály jelensége, stb., stb. Az általános gravitáció törvényének és a newtoni mechanikának diadalútja a 18. század második felétől kezdve az egész 19. században folytatódott (az említett törvény a newtoni mechanika szerves részét alkotja). A newtoni mechanika nagy diadalát jelentette, amikor 1845—46-ban két elméleti csillagász, a francia *Leverrier* és az angol *John Adams* egymástól függetlenül felfedezett egy új, addig ismeretlen bolygót, a Neptunuszt. Ezt a bolygót azoknak a számításoknak a segítségével fedezték fel, amelyek az 1781-ben felfedezett Uránusz bolygó mozgásában mutatkozó szabálytalanságokon alapulnak. Hosszú időn keresztül a Nap és a többi ismert bolygó vonzóerejének figyelembevételével nem sikerült pontos képet alkotni az Uránusz megfigyelt mozgásáról. Az említett két csillagász feltette, hogy az Uránusz mozgásában mutatkozó szabálytalanságok oka egy eddig ismeretlen, új bolygó vonzóereje, s ezen az alapon kiszámították az új bolygó helyzetét. S valóban, az új bolygót sikerült a számításokkal meghatározott helyen megfigyelni.

A Newton-féle elmélet filozófiai szempontból is nagyjelentőségű volt, mivel a régi, vallásos szemléleti móddal szemben, amely az önkényes isteni beavatkozás alapján állt — a természeti jelenségek exakt törvényszerűségébe vetett meggyőződést fejezte ki.

A newtoni elméletnek azonban komoly fogyatékoságai voltak. Az egyik legkomolyabb ellenvetés vele szemben, hogy az elmélet alapjául az úgynevezett távolbahatás, azaz a testek közbülső közvetítő közeg nélküli egymásra hatása szolgált. Az elméletnek egy másik nagy hiányossága abban rejlett, hogy a mozgást az anyagtól elszakítva vizsgálta. Magának az anyagnak az elmélet szerint csak inerciája, azaz csak tehetetlensége van. Az anyag minden mozgásváltozásának oka csak kívülről jöhet. A bolygók elliptikus pályákon való mozgása például a jövőben is ugyanúgy fog folytatódni, amint az a múltban is végbement, ez a mozgás pedig alapot szolgáltatott az isteni erők beavatkozásának, amelyek a bolygóknak „kezdeti” sebességeket adtak s ezzel mintegy „felhúzták” a világ óráját.

A newtoni mechanikának ezeket a fogyatékoságait — néhány más egyébbel együtt — a modern fizikában a relativitás elmélete küszöbölte ki, amely bizonyos esetekben jobb közelítése a valóságnak, mint a newtoni mechanika. Gyakorlati célokra azonban az esetek többségében a newtoni mechanika még ma is

teljesen elegendő pontosságú és ezért még sokáig nagyhatású eszköze lesz a természetkutatásnak.

A csillagászat fejlődése a 18. és 19 században. A 18. század második felétől kezdve Európa számos országában államköltségen jól felszerelt csillagászati obszervatóriumokat építettek. A csillagászatot egyre inkább felhasználják fontos gazdasági feladatok megoldására. 1665-ben alapították a párizsi obszervatóriumot, amelynek legfontosabb feladata a Franciaország térképének elkészítésével kapcsolatos munka volt. A greenwichi obszervatóriumot Angliában 1676-ban alapították; ennek az obszervatóriumnak legfontosabb feladata a tengeri flottának ellátása volt az égitestek helyzetére vonatkozó pontos adatokkal. Oroszországban az első obszervatóriumot a tengeri flotta és a kartográfia szükségleteinek kielégítésére 1692-ben létesítették. A csillagászati obszervatóriumok építése és a csillagászati eszközkészítés feladatai magukra vonták a technikusok figyelmét. A távcsövet összekapcsolták a régebbi szemmértéken alapuló eszközökkel. Különböző technikai tökéletesítéseket vezettek be, amelyek jelentős mértékben fokozták a megfigyelések pontosságát. Az észlelések akkori pontossága elegendőnek bizonyult arra, hogy 1718-ban fel tudják fedezni az állócsillagoknak úgynevezett saját mozgását, azaz égi koordinátáiknak térbeli mozgásukból fakadó változásait. A 18. század folyamán és a 19. század elején a kapitalizmus gyors fejlődése szükségessé tette számos feladat elvégzését. Így több országban munkálatokat folytattak a Föld méreteinek és alakjának meghatározására, a földfelület számos helyének meghatározták földrajzi szélességét és hosszúságát, nagy mértékben megnőtt az utazások száma, térképeket készítettek stb. Viszonylag pontosan meghatározták a Föld Naptól való távolságát, ezen az alapon pedig a Naprendszer valóságos méreteit. 1835—1840 között Oroszországban *Sztruve*, Németországban *Bessel* és Dél-Afrikában *Henderson* első ízben mérte meg a legközelebbi állócsillagoktólunk való távolságát. Kiderült, hogy még a legközelebbi állócsillagok távolsága is csak fényévekkel mérhető. Ez azt jelenti, hogy a fénynek, amely 300 000 km/sec sebességgel terjed, a legközelebbi állócsillagtól több esztendeig kell utaznia, míg hozzánk érkezik. Ez a felfedezés lényeges lépés volt a csillagászat egy újabb fejezete, a sztellársztronómia kialakulása szempontjából, amely a csillagrendszerek szerkezetével, mozgásával és fejlődésével foglalkozik. A csillagászok érdeklődése a 19. század közepéig szükségszerűen elsősorban a bolygók és a Naprendszer egyéb tagjainak vizsgálatára szorítkozott, miközben az állócsillagok a mozdulatlan háttérrel alkották. A csillagok mozgásaival

kapcsolatos megfigyelések és elemző munkák még nem voltak rendszeres jellegűek, de már a 18. század végén felfedezték a *kettős csillagok* kölcsönös mozgását, amely az általános gravitáció törvényeinek megfelelően megy végbe.

A 18. század végén William *Herschel* bebizonyította, hogy a Nap is mozog a csillagközi térségben (valamennyi bolygójával együtt), mégpedig a környező csillagokhoz képest, meghatározott irányban. *Herschel* a Tejút szerkezetével kapcsolatban is eredményes kutatásokat végzett.

A 17. század második felére és a 18. század első felére jellemzők azok a kísérletek, amelyek valamennyi természeti jelenséget mechanikai okokkal akarták magyarázni. Ezek arra a hamis metafizikai meggyőződésre vezettek, hogy a bolygók a Nap körül örökké ugyanúgy mozogtak, mint ahogy most mozognak, és ahogy a jövőben is végtelen sokáig mozogni fognak. Ezzel ellentétben, az örökké mozgásban és fejlődésben lévő anyag materialista felfogását már az ókori materialista filozófia egyes képviselői (az atomista *Leukipposz* és *Démokritosz*) is hirdették. Az anyagnak ezt a felfogását a 17. században *Descartes* fejlesztette tovább. A 18. században a világegyetem fejlődésének eszméje tükröződött a híres orosz tudós, *Lomonoszov* számos nyilatkozatában. A Naprendszer keletkezésére vonatkozó első hipotéziseket, az első kozmogóniai elméleteket a 18. sz. második felében *Kant* német filozófus (1755) és *Laplace* francia csillagász (1796) állította fel. Ezek a hipotézisek rendkívül fontos szerepet játszottak az emberi kultúra történetében. Mint a fejlődésemélet első képviselői, az első rést ütötték a 18. század megkövesedett metafizikus természettudományába és megmutatták, hogy a világegyetem állandóan fejlődik. Ezek a hipotézisek utat nyitottak a tudományban az evolúció gondolata számára.

Laplace hipotézise szerint az őseredetű létező a forgó gázköd volt, amely sarkainál belapult és a középpontja felé összehőmrült. Alakja szferoid volt. Lehülése és összehúzódása következtében forgásának szögsebessége mindaddig növekedett, amíg a centrifugális erő hatására az egyenlítőjéről le nem szakadt egy gázgyűrű; ezt nyomon követte egy második, harmadik stb. gázgyűrű leszakadása. Az egyes gázgyűrűk részekre szakadtak, amelyek vonzást gyakoroltak egymásra, úgyhogy végül a legnagyobb magával ragadta a többi. Így minden egyes gyűrűből egy bolygó jött létre, amelynek eredetileg kisméretű forgó gázköd alakja volt. Ezután ezzel a bolygóval kapcsolatban kisebb méretek között megismétlődött a gyűrűk leszakadásának folyamata, ami a bolygók holdjainak keletkezéséhez vezetett. A középpontban visszamaradó tömegeből annak összehúzódása után kialakult a

Nap. A Laplace-féle hipotézis, nyilvánvaló fogyatkozásai ellenére, általánosan elfogadottá vált. A hipotézis megfelelő magyarázatot adott arra, hogy a Naprendszer valamennyi bolygója miért végzi egy és ugyanazon irányban mozgását, és ez az irány megegyezik magának a Napnak forgási irányával.

Azonban lassanként a Naprendszernek, számos olyan tulajdonságát fedezték fel, amely ellentmondásban volt a Laplace-féle elmélettel. Már maga Laplace is rámutatott arra, hogy elmélete megköveteli, hogy valamennyi bolygó és valamennyi hold állandóan ugyanabban az irányban mozogjon. Ugyanakkor azonban jelenleg már ismerünk olyan holdakat, sőt több olyan üstököst is, amelynek mozgása fordított irányú.

Az elmélet számára rendkívül komoly nehézséget jelent az úgynevezett impulzusnyomaték eloszlásának kérdése a Nap és a bolygók között. Ha a bolygók a Laplace-féle elméletnek megfelelően keletkeztek, akkor a Nap és a bolygók összes mozgásmennyiségének meg kellene tartania azt az értéket, amellyel a köd a gyűrűk leválása előtt rendelkezett. Nehéz magyarázatot adni arra, hogy a bolygók, amelyek összes tömege alig teszi ki a naptömeg néhány ezredrészét, miért rendelkeznek az egész Naprendszer összes mozgásmennyiségének több mint 98%-ával.

A csillagászat fejlődését nagy léptekkel vitte előre a technika fejlődése és ezzel kapcsolatban a fizika eredményei. Az égitestek vizsgálatára a fizikai eszközöket már a 18. században is alkalmazták, széleskörű elterjedése azonban csak a szinképelemzés és a fényképezés feltalálása után, a 19. század közepe táján indult meg. Ezen az alapon bontakozott ki a csillagászat újabb ágaként az asztrofizika. A spektroszkóp és a fényképezés felhasználásával lehetségessé vált a csillagatmoszférák kémiai összetételének, hőmérsékletének és az atmoszférákban uralkodó fizikai feltételeknek meghatározása. Továbbá lehetővé vált az égitesteknek a látósugár irányában való mozgási sebességének, az úgynevezett radiális sebességnek meghatározása. Ezen az alapon, az égitestek saját mozgását és radiális sebességét összevetve sikerült meghatározni számos égitest teljes térbeli sebességét. Végleges megállapítást nyert, hogy a csillagok — a bolygóktól eltérően — valamennyien a mi Napunkhoz hasonló önvilágító testek. A csillagok fényessége (azaz az általuk kisugárzott fény mennyisége) a Napéval azonos nagyságrendűnek mutatkozott. Csak aránylag kevés olyan csillag van, amelynek fényessége százszorta vagy ezerszer nagyobb a Nap fényességénél. Ezeket a csillagokat óriáscsillagoknak nevezzük. Vannak olyan csillagok is, amelyek csak kis mértékben fényesebbek, mint a Nap, vannak a Nappal

azonos fényerejű, és jóval gyengébb fényű csillagok is. Mindezeket a csillagokat törpecsillagoknak nevezzük. A Nap tipikus törpecsillag.

III. A 20. század csillagászata

A 19. század végén és a 20. század elején az égitestek természetére és fejlődésére vonatkozó kérdésekben rendkívül mélyreható változások következtek be. Az említett időben új fizikai felfedezések, mindenekelőtt az atom bonyolult szerkezetének és az atombomlásnak felfedezése, új fizikai elméletek kidolgozásához vezettek. Ezek az új elméletek arra késztették a tudósokat, hogy újból átvizsgálják a Napon és a csillagokon lejátszódó folyamatokat. Másrészt az égitestek megfigyelése alapján felfedezett jelenségek egész sora gazdagította a kísérleti fizikát, és jelentős mértékben előrevitte az elmélet fejlődését. A csillagászati technika tökéletesedése és a hatalmas távcsövek megépítése lehetővé tette a csillagászok számára, hogy behatoljanak a világtér távoli mélységeibe és tanulmányozás tárgyává tegyék az égitestek sokaságánál megfigyelhető finom fizikai jelenségeket. Az asztrofizikának egy új fejezete bontakozott ki, az elméleti asztrofizika, amely a csillagatmoszférák elméletével, a csillagok belső szerkezetével és a csillagközi térségben helyet foglaló diffúz anyag elméletével foglalkozik. E tudományág művelői számos új törvényszerűséget fedeztek fel. Így kiderült, hogy a csillagok bizonyos jellemző adatai (tömegük, fényességük, sugaruk, hőmérsékletük, sűrűségük stb.) nemcsak hogy meghatározott határok közé vannak zárva, hanem egyszersmind bizonyos törvényszerűségekkel is kapcsolatosak, amelyek egy részét sikerült már magyarázni is. Sikerült olyan fizikai eljárásokat találni, amelyek segítségével nemcsak a legközelebbi állócsillagok, hanem a legtávolabbi csillagrendszerek távolságát is meg lehet határozni. Ugyanakkor egyre gyakoribbá váltak az újonnan felfedezett bonyolult jelenségek és törvényszerűségeik idealista értelmezésének kísérletei is. A materializmus és idealizmus harca különösen kiélezett formákat öltött a Nagy Októberi Szocialista Forradalom után. A kapitalista országok csillagászai közül azonban sokan, akik munkásságukat közvetlenül az égitestek megfigyelésének szentelik és nem mélyednek el az elméleti konstrukciókba, kutatásaikban az ösztönös materializmus alapján állnak.

Sikerült véglegesen bebizonyítani, hogy a csillagok egészüket tekintve hatalmas csillagrendszert alkotnak, amelyet Galaktikának, vagy Tejútrendszernek nevezünk. A Galaktikának első közelítésben erősen összenyomott, bikonvex lencse alakja

van. A Galaktika nagy-átmérője mintegy 100 000 fényév hosszúságú, kisebbik átmérője pedig ennek mintegy tizedrésze. Legnagyobb metszetét a Galaktika egyenlítőjének nevezzük. A Galaktikához többszáz milliárd csillag tartozik. Ezek közül a csillagok közül sok kettős, hármas és többszörös rendszert alkot. A Nap a Galaktika fősíkjának közelében, körülbelül annak középpontja és széle között a félúton foglal helyet. A csillagok térbeli sűrűsége a rendszeren belül nem állandó. Legnagyobb a középpontjában, és a széle felé fokozatosan csökken. A Galaktika a Földről (és a Napról) mint különálló csillagok és a Tejút sávjának összessége figyelhető meg.

1927-ben Oort holland csillagász igazolta azokat a következtetéseket, amelyek a 19. század hatvanas éveiből M. A. Kovalszkij orosz csillagásztól származnak. Oort gazdag megfigyelési anyag alapján bebizonyította, hogy a Tejútrendszer forog, úgy-hogy forgó mozgását legnagyobb metszetének síkjával (ekvatoriális síkjával) párhuzamosan végzi. Forgásának szögsebessége a belső részein nagyobb, szélei felé fokozatosan csökken. Abban a távolságban, ahol a Nap található, a Galaktika forgási periódusa körülbelül kétszáz millió év.

1930-ban véglegesen megerősítették, hogy a csillagközi térséget ritkított állapotban lévő elnyelő anyag tölti ki. Ennek az anyagnak létezését Sztruve orosz csillagász már 1847-ben bebizonyította. A további kutatások igazolták, hogy a főként rendkívül apró szilárd porból, részben pedig gázokból álló sötét anyag elsősorban a Galaktika egyenlítői síkja mentén oszlik el, ahol viszonylag vékony réteget alkot. Azok a kutatások, amelyeket elsősorban szovjet csillagászok végeztek, megállapították, hogy ennek a rétegnek szerkezete a legnagyobb mértékben egyenetlen. Ezenkívül meghatározták a sötét anyag teljes tömegét is, amely nyilvánvaló módon az egész Galaktika tömegének viszonylag csak kis részét alkotja. A sötét anyag sűrűbb részei helyenként többé-kevésbé élesen körvonalazott sötét foltok alakjában a Tejút fényes hátterére projiciálódnak. Ezeket a foltokat sötét ködöknek nevezik. Abban az esetben, amikor a sötét anyag sűrűbb részeinek közelében egy feltűnően fényes óriáscsillag található, akkor ez megvilágítja a köd szilárd részecskéit, rövidhullámú sugaraival pedig (az úgynevezett fluoreszcencia-jelenség révén) az összesűrűsödött részhez hozzákegyedett gáz fénylését idézi elő. Ilyenkor sötét köd helyett fényes galaktikus ködöt észlelünk. Ezeknek a ködöknek nagyrészt rendkívül szabálytalan, szeszélyes alakjuk van.

A csillagok eloszlása a Galaktikán belül a legkevésbé sem egyenletes. Ez teljes mértékben megmutatkozik az égboltozaton

is a Tejút csillagainak látszólagos eloszlásában. A csillagsűrűsödések nyílt csillaghalmazokra, gömbhalmazokra és csillagfelhőkre oszthatók. A nyílt csillaghalmazok kisebb csillagcsoportok, amelyek néhány tucattól néhány százig terjedő csillagot tartalmaznak, és mindig a Tejút középvonalának közelében helyezkednek el. Tipikus példájuk az égboltozaton jól megfigyelhető Plejád-csoport. A gömbhalmazokba átlagban több tízezernyi csillag tartozik; az ilyen csillaghalmazoknak majdnem szabályos gömbalakjuk van. A halmaz központi részében oly sok csillag foglal helyet, hogy fényük összeolvad. Végül a csillagfelhők többmillió csillagból állnak és a legtöbb esetben szabálytalan alakúak. A csillagfelhők tipikus példái a Nyilas, a Pajzs és a Hattyú csillagképben megfigyelhető fényes felhők.

A csillagok és ködök vizsgálata igen fontos a fizika szempontjából. A csillagok nem egyebek izzó gáztömegeknél, amelyek sugárzási energiája csökkenti az atommagok energiáját. Ezért a csillagok energiaforrásaira irányuló kutatások az atommag és az atomátalakulások problémájának kidolgozásával szoros kapcsolatban fejlődtek ki. A csillagokban és ködökben az anyag olyan állapotban van, amelyet földi laboratóriumainkban nehéz megvalósítani, sőt gyakran mindez ideig nem is tudtuk és talán egyáltalán nem is lehet elérni. A csillagok belsejében a hőmérséklet többezer millió fokra emelkedhet. Az anyag sűrűsége a gázködökben 10^{-20} gr/cm³, az esetek többségében pedig 10^{-24} gr/cm³-t ér el, ami sokkal kisebb a legmodernebb eszközökkel elérhető legtokéletesebb vákuumnál.

Egyes csillagoknál viszont, amelyeket fehér-törpe csillagoknak neveznek, az anyag átlagos sűrűsége 10^4 gr/cm³-t ér el. Az ilyen anyaggal töltött gyufaskatulya súlya kb. 1 tonna lenne.

A kozmikus sugarak, a Napról és a csillagokról kiinduló rádióhullámok vizsgálatával kapcsolatos új feladatok az asztrofizikát napjainkban egyre jobban a fizikához közelítik. Egyfelől az asztrofizika fejlődése érdekében megköveteli a modern fizika valamennyi fejezetének felhasználását. De fordítva is, a fizika sok feladata nem oldható meg teljes egészében az asztrofizikai eredmények felhasználása nélkül. A modern csillagászat fejlődésének legjellemzőbb vonását éppen az adja, hogy az asztrofizika és vele együtt az egész csillagászat is egyre közvetlenebb kapcsolatba kerül a fizikával.

A modern csillagászat eredményei azt mutatják, hogy a világtér a Galaktika határain túl sem üres. Még a 18. században felfedeztek számos sajátyszerű égi objektumot, amelyeket alakjuk alapján ködöknek neveztek el, mivel a fentiekben leírt galaktikus gázködökre emlékeztettek. Azonban a galaktikus kö-

döktől eltérően ezek a ködök szabályos ellipszoid-alakot mutatnak. Ezeknek egy részét, amelyek az említett alakot mutatják, elliptikus ködöknek nevezték el, egy másik részük igen erősen összenyomott bikonvex lencse alakot mutat. Az ilyen ködök középpontjában tömött sűrűsödés figyelhető meg, amelynek ellentétes helyeiről ellentétes irányban két ág indul ki, amely azután a mag körül spirálshoz hasonlóan összezsavarodik. Ezen az alapon a második típusba tartozó ködöket spirálködöknek nevezték el. Napjainkban véglegesen bebizonyították, hogy ezek a ködök nem világító gázokból, hanem csillagok tömegéből állnak. Minden ilyen köd analóg jellegű a mi Tejútrendszerünkkel, és távolságuk tőlünk sok száz és ezer millió fényévvel fejezhető ki, azaz messze túlesnek Tejútrendszerünk határain. Ily módon kiderült, hogy a teret Tejútrendszerünk határain túl más galaktikák töltik ki. Ezek együttvéve hatalmas rendszert alkotnak, amelyet Metagalaktikának nevezünk. Napjainkban úgy tekintjük, hogy a Metagalaktikát minden irányban kétezermillió fényév távolságig ismerjük, és egyelőre a Metagalaktika semmiféle határát nem sikerült felfedezni. Viszont nem kétséges, hogy magának a Metagalaktikának is véges méretei vannak és a végtelen világmindenségben más metagalaktikák is találhatók.

A modern csillagászat fejlődése távcsövek és a legkülönbözőbb fajta speciális készülékek — fotométerek, spektrográfok stb. — formájában hatalmas technikai apparátust követel meg. A modern csillagászatban használatos távcsövek két főtypusba tartoznak: ezek a refraktorok és reflektorok. Az első típusba tartozó készülékekben az égitestekről kiinduló fénysugarak az üvegobjektívokban törést szenvednek, így jön létre az égitestek képe. A refraktorok objektívjeit gyakran úgy készítik, hogy az égitestek éles képét olyan sugarakra szolgáltatassák, amelyek a legerősebb hatást gyakorolják a fényképező lemezre. Az ilyen refraktort asztrográfnak nevezik. A modern refraktorok közül a legnagyobbak objektívjének átmérője mintegy 1 méter, a tubushossza pedig 19 méter. A reflektorok legfontosabb része egy homorú tükör, amely visszaveri az égitestekről érkező fénysugarakat. A jelenkori legnagyobb reflektor tükörének átmérője 5 méter.

A technika további tökéletesedésével napjainkban olyan, viszonylag kicsiny készülékeket készítenek, amelyek speciális, szorosan meghatározott feladatok megoldására vannak rendelve. Egy ilyen típusú kisebb készülék gyakran jóval hatékonyabb, mint egy univerzális típusú óriáeszköz. Például igen gyakran speciális eszközöket építenek kizárólag a Nap megfigyelésére, csillagspektrumok fényképezésére, meteorok fényképezésére stb.

A modern csillagászatra jellemző a világegyetem fejlődésével kapcsolatos problémák megoldására irányuló törekvés. Így a Naprendszer eredetére vonatkozó Laplace-féle hipotézis fentebb említett fogyatékosai új utak keresésére ösztönöztek. Az egyik ilyen különösen széleskörűen elterjedt elméletet *Jeans* angol tudós dolgozta ki 1917-ben. Ha Kant és Laplace elgondolását alapjában véve úgy jellemezhetjük, mint az anyag belső fejlődésének eszméjét, külső tényezők hatása nélkül, akkor *Jeans* elgondolását úgy jellemezhetjük, mint a külső erők hatására bekövetkező fejlődés gondolatát. *Jeans* elmélete szerint a bolygók úgy jöttek létre, hogy a Nap találkozott egy másik csillaggal, amely vonzóerejével leszakította a Napról anyagának egy részét és ez azután bolygókra és holdakra esett szét. *Jeans* elmélete kiküszöbölte a Laplace-féle elmélet bizonyos hiányosságait, de magának a *Jeans* elméletnek is számos fogyatékosága volt. A mozgásmennyiséggel kapcsolatos nehézséget ennek az elméletnek nem sikerült kiküszöbölnie. Ezenkívül a *Jeans*-elmélet a Naprendszer keletkezését két csillag találkozásának tulajdonította; már pedig ennek a jelenségnek valószínűsége, ha figyelembe vesszük a csillagok közti távolságokat, elenyészően kicsiny. *Jeans* felfogásából az következik, hogy a Naprendszer rendkívüli jelenséget jelent. N. M. *Parijszkij* szovjet csillagász exakt matematikai analízissel bebizonyította, hogy lehetetlen, hogy a Naprendszer a *Jeans*-féle elméletnek megfelelően jött volna létre. *Russel*, *Lyttleton* és más csillagászok arra irányuló kísérletei, hogy a *Jeans*-elmélet bizonyos ellentmondásait három csillag találkozásának feltételezésével küszöböljék ki, csak azt eredményezték, hogy az általuk feltételezett esemény valószínűsége még az előbbinél is jóval kisebb. Ugyanakkor a legutóbbi évek kutatásai, különösen *Holmberg* svéd csillagász és A. N. *Dejcs* szovjet csillagász munkái minden kétségen kívül arra a következtetésre vezettek, hogy a Naphoz legközelebb eső állócsillagoknak is vannak bolygói. Ily módon a bolygórendszerek létezése nem jelenthet rendkívül ritka kivételt, hanem éppen megfordítva, azt igen elterjedt jelenségnek kell tekintenünk, és *Jeans* elméletét, annak változataival együtt el kell vetnünk.

Jeans a szerzője ezenkívül annak az elméletnek is, amely megkísérelt magyarázatot adni a csillagok és a galaktikák keletkezésére is (1928). Eszerint az elmélet szerint a galaktikák az ősanyagból jöttek létre, amely kaotikus állapotban létezett, de a világteret többé-kevésbé egyenletesen töltötte be. Ezen az anyagon belül fokozatosan sűrűsödések jöttek létre, miközben egy részük stabilizálódott és hosszú időn keresztül változatlanul megmaradt. *Jeans* számításai szerint a sűrűsödések az

anyag meghatározott sűrűsége és hőmérséklete mellett váltak stabilisakká, mégpedig akkor, amikor azok tömege nagyjából ugyanakkora lett, mint a galaktikák tömege, azaz nagyságrendben a Nap tömegének 10^{10} – 10^{11} -szeresévé. A részecskék kölcsönös vonzása következtében bekövetkezik később a sűrűsödések kondenzációja, ami azt eredményezi, hogy azok fokozatosan növekvő szögsebességgel forgásba jönnek. Jeans véleménye szerint így jöttek létre az extragalaktikus ködök. Ezeknek először majdnem teljesen pontosan gömbalakjuk volt. Később a centrifugális erő hatására a sarkaiknál belapultak. Végül, amikor a centrifugális erő legyőzte a vonzóerőt, megkezdődött az anyag kiáramlása, és a kiáramló anyag az eredeti köd maradványa körül spirális alakban összezsavarodott. Jeans ily módon magyarázta az extragalaktikus ködök valamennyi megfigyelt formájának keletkezését. Jeans végül rámutatott arra, hogy a spirális ködök ágai különböző magokra estek szét, és a csillagok terjedelmes halmazok alakjában ezekből a magokból alakultak ki. Ennek a fejlődésnek eredményeként az ősköd teljes egészében csillagokra bomlik szét. A további felfedezések, valamint az elméleti számítások egész sora megmutatta azonban, hogy a galaktikák fejlődése jóval bonyolultabb folyamat, mint ahogy azt Jeans feltételezte. A szovjet csillagászok egész sora bebizonyította Jeans számításainak hibás voltát. Kiderült, hogy az egyes galaktikák kialakulásához szükséges feltételek, továbbá a spirális ágaiban a csillagok kialakulásának vélt feltételei ellentmondásban vannak a fizika törvényeivel. Ezenkívül Baade, amerikai csillagász, véglegesen bebizonyította, hogy a gömbködök nem porból és gázból, hanem csillagokból állnak. Végül mindenekelőtt a szovjet csillagászok munkásságának eredményeként megállapítást nyert, hogy a galaktikák szerkezete jóval bonyolultabb, mint ahogy azt Jeans feltette. Kiderült, hogy a csillagok a galaktikákban egész sor speciális csoportokra vagy alrendszerekre válnak szét. Az ilyen alrendszerekhez tartozó csillagokat speciális tulajdonságok jellemeznek: sajátzerű fizikai struktúra, különböző számosság, speciális eloszlás a galaktikán belül, végül pedig, különböző mozgási sebesség.

A csillagászat fejlődésének modern korszakát a világegyetem kutatásában a legújabb vizsgálati módszerek alkalmazása jellemzi. Ezek a módszerek már eddig is rendkívül fontos felfedezésekre vezettek és kétséggel a jövőben is igen fontos felfedezéseket fognak eredményezni. Az égitestek megfigyelésének elvileg új módszereit dolgozták ki és fogják a következők során is kidolgozni. A kapitalista világ mai reakciós tudományát viszont a széleskörű általános feladatok felvetésében való tanácstalanság

és perspektívatlanság, a tényleges valósághoz való merkantil, túlzottan technikai, vagy túlzottan formalisztikus viszonyulás jellemzi. Jellemzi ezenkívül a misztikába való visszasüllyedés. Ez különben a *kozmológiai* munkákban nyilatkozik meg, amelyek épp azt tűzik maguk elé célul, hogy a világegyetem egészének alapvető törvényszerűségeit állapítsák meg. „Nézzük például Eddington angol csillagásznak a világ fizikai állandóiról szóló tanítását, amely nyílegyenesen vezet a pithagoraszi számmisztikához... Einstein számos követője, akik nem értették meg a megismerés dialektikus menetét, az abszolút és relatív igazság viszonyát, a világ véges, korlátozott térségében érvényes mozgástörvények kutatásainak eredményét átvitték az egész végtelen világmindenségre, és a világ végességéről, a világmindenség térbeli és időbeli korlátozottságáról beszélnek. Milne csillagász pedig még azt is 'kiszámította', hogy a világot kétmilliárd évvel ezelőtt teremtették. Ezekre az angol tudósokra ráillenek nagy honfitársuk, a filozófus Bacon azon szavai, hogy tudományuk tehetetlenségét a természetelleni rágalommá változtatják.”* A szovjet csillagászat a reakciós burzsoá tudománnyal ellentétben a modern csillagászat fejlődése által megkövetelt feladatokat széleskörűen tárgyalja, és a világegyetem legbonyolultabb problémáinak helyes megoldására törekszik.

* A. A. Zsdanov: A művészet és filozófia kérdéseiről. Szikra 1952. 37–38. old.

A CSILLAGÁSZAT EGY JÖVENDŐ MŰSZERE:

az elektronikus távcső

A csillagászati megfigyelések számára korlátozást jelent az a körülmény, hogy a csillagok látszólagos fényessége viszonylag igen gyenge. A fényképező lemezen csak hosszabb exponálás után hagynak mérhető és értékelhető nyomot. Így természetes, hogy mindazok a változások, amelyek az exponálási idő alatt a csillagok fényében végbementek, elmosódnak és a legkedvezőbb esetben is csak nyomaikban mutathatók ki. Különösen nagy nehézségeket kell leküzdenie a csillagászatban a színeképelemzésnek. A gyenge fényt, amelyet még felbontatlan állapotban is csak körülményesen tudunk megfigyelni, alkotó színeire kell bontanunk és ezáltal az értékelendő fény még gyengébb lesz.

A megfigyelések korlátai a távcső méreteitől és fényerősségétől függenek. Akár az optikai méreteinek, akár a fényerősség növelésével rohamosan nő a műszer előállítási költsége. Lényeges változást hozott a fényelektromos fényerősségmérési módszerek megjelenése. Ezek a módszerek, amelyek tíz évvel ezelőtt még valósággal kísérleti állapotban voltak, ma már központi helyet foglalnak el a csillagászati megfigyelésekben. Egy évtizeddel ezelőtt a fényelektromos berendezéseket csak nagy távcsővekre szerelték és csupán fényesebb csillagokat lehetett velük megfigyelni. Az elektronsokszorozó cső tökéletesítése folytán lehetővé vált a fényelektromos berendezések kisebb távcsővekre való alkalmazása is. Ennek az új módszernek nagy előnye, hogy lerövidíti az észlelés idejét és a fényképfelvételnél lényegesen rövidebb idő alatt dolgozható fel. Hibája csupán az, hogy csak integrált fény mérésére alkalmas, nem alkalmazható sem a színképi észlelésekre, sem a kiterjedt égi objektumok (ködök, halmazok, stb.) megfigyelésére.

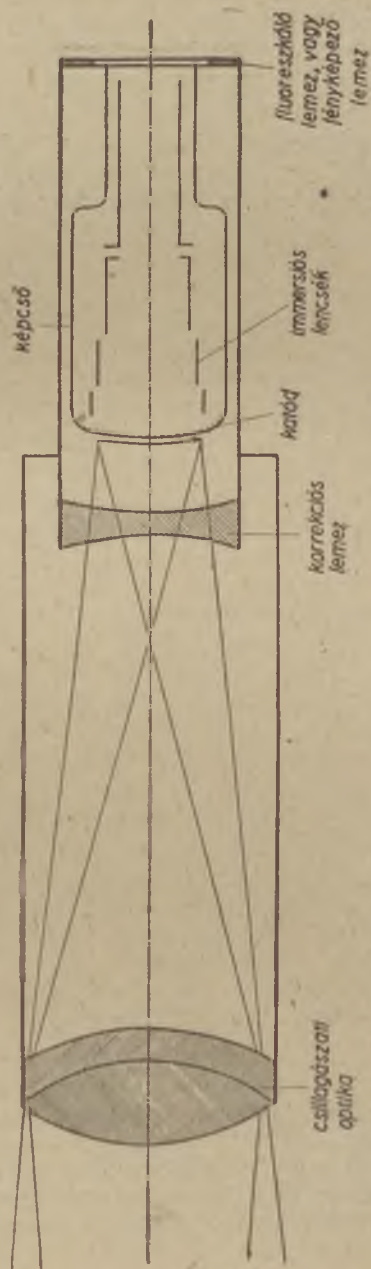
Komoly fejlődés ígérkezik azonban ezen a téren az elektronikus műszerek tökéletesítéséből kapott tapasztalatok csillagászati felhasználásával. Az alapot az elektronoptika kifejlődése adta meg. E fejlődés legkiemelkedőbb eredményei a távolba látó és az elektronmikroszkóp.

Az elektronikus műszerek közül csillagászati célokra csaknem közvetlenül alkalmazható az infravörös teleszkóp. E távcsővel szemünk számára a láthatatlan infravörös sugarak láthatóvá alakíthatók át, és belenézve a tárgyak sötétben vagy ködben is láthatóvá válnak. A műszer alapgondolata már igen régi. Több, mint húsz évvel ezelőtt végeztek olyan kísérletet, hogy a kiterjedtebb méretű fotókatódra ejtett képet a kilépő fotóelektronok megfelelő elektronoptikai vezérlésével fluoreszkáló ernyőre vigyék át, ahol az eredeti képnek egy mása jelenik majd meg. A csillagászati elektronikus távcsőnek elsősorban a látható fényben és a közeli ultraibolyában kell érzékenynek lennie. E mellett az elektronoptikáknak a fotókatódra eső képet nagyítania is kell.

Az elektronikus távcsőben a képet a fotókatódra lényegében a csillagászati távcső optikája vetíti. A különbség csupán az, hogy a fotókatód nem sík, hanem speciális görbe felület és ezért a fény útjába olyan korrekciós lemezt kell beillesztenünk, amellyel elérhető, hogy a görbe felület mindenegyes pontján éles, hibátlan leképezést kapjunk. Az elektronoptika immerziós lencsési és a többi részek is légritkitott csőben, az ú. n. képcsőben vannak elhelyezve. Az infravörös sugarakra érzékeny képcső vázlatát az 1. ábra mutatja.

A fotókatód cézium réteg, melyre ezüst oxid van csapva. A beeső fény az üvegfalon keresztül jut a fotókatódra, amelyből az elektronok a cső belsejébe lépnek ki. Vezérlésüket immerziós lencsék végzik, melyeknek feszültsége a katódhoz képest rendre 15 volt, 100 volt, 600 volt és 4000 volt. Az elektronkép a fluoreszkáló ernyőn jelenik meg.

A csillagászati célokra készítendő képcsőnek a nagyításban és a fényerősség növelésében vannak további követelményei. A csillagászati objektum igen kicsi és halvány, tehát a kép egyszerű nagyítása nem elegendő, hanem kontrasztosabbá kell tennünk. Az elektron-optika ilyen megszerkesztése az állandóan kilépő termikus elektronok miatt nehéz. A termikus elektronok a katódról a molekulák hőmozgása következtében állandóan teljesen rendezetlenül lépnek ki. A rádiótechnikában a termikus elektronok okozta zavar „zaj” néven ismeretes. Ezek okozzák azt, hogy a bekapcsolt készülék állandóan (antenna nélkül is) halk zajt ad. A képcsőnél a „zaj” a fluoreszkáló ernyőnek állandóan fényes alapot ad. Ez a vizsgálandó kép háttere. Ha tehát a „zaj” túlságosan erős, a kép veszít kontrasztosságából s elmosódott lesz. Az immerziós lencsék alkalmasan megválasztott helyével és feszültségével elérhető, hogy a termikus elektronok, legalábbis egy bizonyos hőmérsékleten, az



optikai tengelyről oldalra kirepülnek. Ha az elektronoptika ezt a feltételt teljesítette, a nagyításnak nincs elvi akadálya. A csillagászati célra alkalmazható képcső azonban mégis csak hossz-
szas kísérletezésekkel, az immerziós lencsék helyének és feszültségének változtatgatásával készíthető el.*

A kép kontrasztossága növelhető azáltal, hogy a fluoreszkáló ernyő helyett keményen rajzoló fényképlemezt teszünk, teljesen hasonlóan, mint az elektronmikroszkópnál.

Csada Imre

* Az évkönyv lezárása után kaptunk közleményt arról, hogy a párizsi csillagvizsgálóban kipróbáltak egy Franciaországban kikísérletezett és készített elektronikus távcsövet. A δ Orionis négyes rendszerről $\frac{1}{8}$ másodperc alatt kaptak olyan képet, melyet ugyanazon műszerrel fényképezéssel csak 10 perces exponálás után kaptak.

Szerző.

PONTOS IDŐ MEGHATÁROZÁSA RÁDIÓIDŐJELEK SEGÍTSÉGÉVEL

A csillagászati órák ellenőrzése rádiójelek segítségével történik. Ezeket az időjeleket saját észleléseik alapján különböző csillagvizsgáló intézetek adják, és vevőberendezések segítségével ellenőrzik. Nemzetközi megegyezés alapján az időjeleket szolgáltató állomások úgy helyezkednek el, hogy egymástól lehetőleg egyenlő távolságra legyenek és így a Földet egyenletesen befödjük.

Az időjeleket különleges kronométerek segítségével adják, rendszerint a csillagvizsgáló legpontosabban járó órájáról. Mind az órát, mind az időjeleket, csillagászati észleléseik felhasználásával, állandóan ellenőrzik.

A Szovjetunióban működő időjel-adóállomások adásainak hibáját minden hónapban visszamenőlegesen közli „Az egységes időszolgáltatást adó központi tudományos bizottság”. A világ összes rádióállomásai adásainak hibáit pedig a párizsi „Nemzetközi időszolgáltatási hivatal” kb. kétéves késéssel közli.

A csillagvizsgálók, nemzetközi megegyezés alapján, két időjeltípust használnak:

1. gyakorlati (automatikus, ONOGO) időjeleket,
2. tudományos (ritmikus, koincidencia) időjeleket.

Mindkettő a Morse-jelekhez hasonló sipjelzésekből áll.

A gyakorlati időjelekben két percig minden tizedik másodpercben adnak le rövid $\frac{3}{10}$ másodpercig tartó pontot. Az első percben minden jel előtt 1 másodpercig tartó vonalat adnak, a második percben két ugyanilyen vonalat. Az egész percek kezdetét külön jelzik. Egyes csillagvizsgáló intézetek három vonalat adnak, mások hat pontot.

A gyakorlati időjelek után a legtöbb csillagvizsgáló (rendszerint egy perc szünet után) tudományos időjeleket ad. A tudományos időjel minden adásban egységesen öt percig tart és percenként 61 tizedmásodperces jelzésből áll. Az egészpercek kezdetét $\frac{1}{2}$ másodperces hosszabb jellel adják meg.

Az óránk, akármilyen gondosan kezeljük is, az időjelhez képest mindig késik, vagy siet. Ha az időjelet nem akarjuk különleges tudományos célra (pl. földrajzi hely meghatározására) használni, pontosnak vehetjük, mivel (annak) hibája legfeljebb 0,03 másodperc. Az óránk mutatta idő és a jel közötti eltérést az óra járásának nevezzük. Pontosabban, az óra állása azt a javítást jelenti, amelyet az óránkról leolvasott időhöz hozzá kell adnunk (vagy levonnunk), hogy a jel szerinti időt megkapjuk. Ha az állást le kell vonnunk, (vagyis ha az óra siet) akkor mínusz jelet írunk eléje.

Ha az óránk teljesen pontosan járna, úgy minden időjel összeesne az óra mutatta idő megfelelő pontjával. Így pl. a gyakorlati időjelnek a tizes másodpercre eső jelzése akkor hallatszana, mikor óránk a 9-es másodpercről a 10-esre ugrik. Ha óránk nem jár pontosan, az egész másodperceket egyszerűen leolvashatjuk és a tizedeket megbecsülhetjük.

A tudományos időjelek segítségével óránkat különösebb segédberendezés nélkül századmásodperc pontossággal ellenőrizhetjük. Az időjel és az óránk mutatta idő közötti eltérést hasonlóan olvashatjuk le, mint a tolmérce nóniuszát.

Tegyük fel, hogy az egész másodpercet jelző vonás összeesik azzal a pillanattal, midőn óránk másodpercmutatója az 59-esről a 60-as másodpercre ugrik. A következő másodpercben a jel már hamarabb fog jönni $1/61 = 0,016$ másodperccel. A következő másodpercben az eltérés már ennek kétszeresével, $2/61$ másodperccel egyenlő. Ha azonban óránk $18/61 = 0,295$ másodpercet siet, úgy nyilvánvaló, hogy az óra ketyegése az időjellel a tizennyolcadik másodpercben esik össze (koincidál). Hasonlóan állapíthatjuk meg az óra állását akkor, ha az óra késik. Ekkor a másodperceket nullától visszafelé kell számolni.

Példa:

1 Az egész perc jelzése azt mutatja, hogy az óra állása 2,4 körül van. A koincidencia a számlap 38 mp-et jelző pontján volt, az óra állása így $2\text{ s} + 24/61^s = 2^s\ 393$, (tehát az óra $2^s\ 39$ -et késik).

2. Az óra siet és állása $0^s,6$ körül van, a koincidencia 37 mp-re esik. Pontos állása tehát $0^s.606$ ($37/61$).

Az alábbiakban közöljük a Szovjetunió és más országok fontosabb adásainak időpontjait és hullámhosszait.

I. A moszkvai csillagvizsgáló a következő időjeleket adja:

Az adás ideje (középeurópai időben):

	1 ^h	3 ^h	5 ^h	7 ^h	13 ^h	15 ^h	17 ^h	23 ^h
H u l l á m h o s s z a								
Jan.	55.76	39.01	29.85	24.47	24.47	39.01	55.76	55.76
Febr.	55.76	39.01	29.85	24.47	24.47	29.85	39.01	55.76
Márc.	55.76	39.01	29.85	24.47	24.47	29.85	39.01	55.76
Ápr.	39.01	29.85	29.85	24.47	24.47	24.47	29.85	39.01
Máj.	39.01	29.85	29.85	24.47	24.47	24.47	29.85	39.01
Jún.	29.85	29.85	24.47	24.47	24.47	24.47	24.47	29.85
Júl.	29.85	29.85	24.47	24.47	24.47	24.47	24.47	29.85
Aug.	29.85	29.85	29.85	24.47	24.47	24.47	29.85	29.85
Szept.	39.01	29.85	29.85	24.47	24.47	24.47	29.85	39.01
Okt.	55.76	39.01	29.85	24.47	24.47	29.85	39.01	55.76
Nov.	55.76	39.01	29.85	24.47	24.47	39.01	55.76	55.76
Dec.	55.76	39.01	29.85	24.47	24.47	55.76	55.76	55.76

Egyéb országok fontosabb adásainak időpontja:

Adás ideje, középeuróp. időben	Hívójel	Állomás helye
01 ^h 01°	RVM	Moszkva
01 01	DAN3, DAN5, DAN	Hamburg
03 01	RVM	Moszkva
05 01	RVM	Moszkva
07 01	RVM	Pontoise (Párizs)
09 01	FYP ^h , TQC9	Pontoise (Párizs)
10 31	FYP, FYA3	Rugby (Greenwich)
11 01	GIA, GKU3, GIC	Moszkva
13 01	RVM	Hamburg
13 01	DAN1, DAN	Pontoise (Párizs)
14	FYP, TQC5	Moszkva
15 01	RVM	Moszkva
17 01	RVM	Rugby (Greenwich)
19 01	GKU3, GIC	Pontoise (Párizs)
21 01	FYP, FYA3	Moszkva
23 01	RVM	Pontoise (Párizs)
23 31	FYP, TQC5	

Jegyzet. A fenti időpontok a tudományos időjelek adásának kezdetét adják meg. Közvetlenül előttük adják a gyakorlati időjeleket.

Az adóállomások hullámhossza.

DAN	2290 ^h , 0m	=	131	Kc
DAN1	17,54	=	17,10	Mc
DAN3	35,97	=	8,34	„
DAN5	53,31	=	5,62	„
DNI	41,15	=	7,29	„
FYP	3300	=	90,9	Kc
GIA	15,27	=	19,63	Mc
GIC	34,72	=	8,63	„
GKU3	24,09	=	12,14	„
	24,47	=	12,25	„
RVM	29,85	=	10,05	„
	39,01	=	7,69	„
TQC5	55,76	=	5,38	„
TQC9	27,84	=	10,78	„
TQC5	21,62	=	13,87	„

KÖNYVISMERTETÉS

H. Slonka és munkatársai: Csillagászat Csehszlovákiában a legrégebb időktől napjainkig

(Prága 1952. Osvéta Állami Könyvkiadó. 346. o.)

Mindig érdekes valamely tudomány vagy művészet történetén keresztül bepillantani egy nép multjába és jelenébe, de kétszeresen érdekes és tanulságos, ha ez a nép szomszédunk és barátunk, ha történelme hasonlít a miénkhez és útja egyben a mi útunk is. A csehszlovák nép, mely évszázadok óta szomszédunk, szintén sokat szenvedett a Habsburgok rabságában, és történelme sokban rokon a mi multunkkal, de a Horthy korszak sovinizmusa nem engedte meg, hogy a magyar nép igazán megismerje a szomszédait. Ma be kell pótolnunk az elmulasztottakat. A csehszlovák nép, a csehszlovák tudomány igazi megismerésére pedig igen alkalmas ez a gyönyörű album, mely cikkeiben, és több mint háromszáz oldalas képanyagával méltóan mutatja be a csehszlovák csillagászat történetét.

Természetesen felmerül a kérdés, vajjon a csillagászatnak, ennek az állítólag elvont tudománynak a története meg tudja-e világítani egy nép multját és jelenét, nem szorítkozik-e csupán tudós és obszervatórium munkásságának ismertetésére? A választ erre a kérdésre maga a könyv adja meg. Elegendő csupán Luisa Landova-Stychova cikkére hivatkoznunk, melyből kiderül, hogy a munkásság milyen nagy mértékben érdeklődött és érdeklődik a csillagászat iránt és hogy az 1918-as év feszült belső helyzete, az osztályharc minden jelentős mozzanata mennyire hatott a csillagászat népszerűsítésének területére is. Emellett a csillagászat különösen alkalmas erre a szerepre, mivel a legrégebb tudományok egyike és mert a régi korokban a szokatlan égi jelenségek igen nagy hatással voltak az emberek képzeletére, és ezen keresztül életére is.

Például, hogy csak két eseményt ragadjunk ki a könyv gazdag anyagából. A cseh csillagászat fejlődését a 16. és 20.

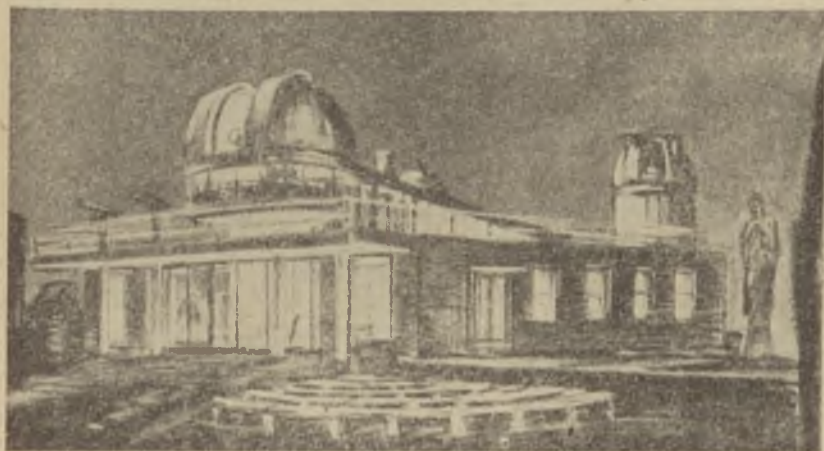
században egyaránt két szokatlan égi jelenség mozdította elő. 1572-ben a Cassiopeia csillagképben feltűnt „új csillag” pontosabban szupernova, hatalmas segítséget adott a haladó, kopernikuszi elvek hirdetőinek, így például a nagy cseh tudós, T. Hájek munkásságának, aki összeüzta a reakciós arisztoteleszi tanokat az „egek változatlanságáról”. Ugyancsak egy égi esemény, a Halley üstökös nagy ijedtséggel várt visszatérése 1910-ben, adja meg Csehszlovákban a csillagászat népszerűsítésére és a babonák elleni harcra az első komoly lökést. Ekkor ugyanis — éppen a szokatlan égi jelenség által felkeltett érdeklődés következtében — a nagy hangú „világ-végét” jósoló kapitalista és klerikális sajtó ellen, de általában a babonák ellen is sikerrel vehette fel a harcot a fiatal, népszerűsítő előadók egy kis, de lelkes gárdája, melyet Ing. Jaroslav Stych, a Csehszlovák Csillagászati Társulat későbbi alapítója vezetett.

Ha lapozni kezdjük a könyvet Vaclav Jarosnak, a Csehszlovák Csillagászati Társulat elnökének rövid bevezetése után dr. Karel Fischer és dr. Hubert Slonka cikkét találjuk, melynek címe: „A csillagászat fejlődése Csehszlovákia területén, a legrégibb időktől napjainkig.” A szerzők igen gazdag anyagot dolgoztak fel, hiszen az első csillagászati emlék — egy kőbalta, melyen üstökös bevésett képe található — még a neolitikumból származik. A cikk első részében főképpen a régi krónikák anyagára támaszkodik. Innen tudjuk meg, hogy a Halley üstököst cseh földön már 760 körül megfigyelték, és a krónikák arról is beszámolnak, hogy 1139 jún. 24-én szabadszemmel napfoltokat láttak Csehszlovákban. A latin írás elterjedése utáni korból egyre több és több érdekes emlék maradt fenn, úgy hogy valamennyiről most beszámolni lehetetlen.

A 14. században, a híres prágai egyetem alapítása után a cseh csillagászat — igaz, hogy elsősorban a csillagjóslással kapcsolatban — már egy színvonalon állt a nyugati országok tudományával. Sorra következnek a híres cseh csillagászok nevei, akik tudományos munkájuk mellett azonban — a kor követelményeinek megfelelően — mint naptárkészítők és csillagjósok is szerepeltek. A 16. században, amikor a csillagászat területén régi és új, reakciós és haladó, illetve ptolemaioszi és kopernikuszi világnézet harcolt egymással, virágzásnak indult a cseh csillagászat is. Prága a haladó csillagászat középpontja lesz, és felkeresik olyan világhírű tudósok, mint Kepler, Tycho Brahe, Giordano Brunó és mások. De a haladó kopernikuszi világkép terjesztői közt elsősorban meg kell említeni a nagy cseh csillagász, Tádeas Hájek nevét is, aki elsőnek ismerte fel, hogy az üstökösök nem a Föld légkörében, hanem a bolygók



Tycho Brahe szextánsai, melyeket csehországi tartózkodása alatt használt



Népi csillagda Valašské Meziříčíben, Morvaországban, egy 60 és egy 24 cm-es reflektorral (tükrös távcső) felszerelve

közti térben mozognak. Elméleti és gyakorlati munkásságával, többek közt a meridiáncsillagászat megalapításával, és az 1572-es szupernova pontos megfigyelésével egyaránt kivívta kortársai és az utókor elismerését. Méltóan foglalkozik e könyv Hajek mellett a többi nagy cseh csillagász munkásságával is és különösen a képek közt gazdag anyagot találunk e dicsőséges kor csillagászatáról.

A fehérhegyi csata 1620-ban véget vetett Csehország függetlenségének és egyben a haladó tudomány virágzásának is. A cikk élesen rámutat, hogy a tudósok csak két út között választhattak: vagy behódoltak, vagy száműzetésbe mentek. Dicsőségére válik a cseh csillagászatnak, hogy sok kiváló képviselője inkább a száműzetést választotta, minthogy lemondjon kopernikuszi elveiről.

Mégis e korszaknak is vannak még nagy cseh tudósai. Így elsősorban Jan Marek, aki jelentős fizikai munkássága mellett (felfedezte a prizma színfelbontó képességét, és tanulmányozta a spektrumot) csillagászzal is foglalkozott, vagy Antonin Sirek, akinek a csillagászati távcső megteremtése körül vannak halhatatlan érdemei. A jezsuita iskolák szelleme, és a tudományos kutatás feltételeinek hiánya azonban elszorvasztotta a csillagászatot is Csehországban.

A sötétség teljes uralma azonban nem tartott soká. A külföldi példa és a belső érdeklődés hatása alatt a jezsuiták a 18. század közepén felépítik Prágában a Klementinumot, az első csillagászati tornyot, és a következő száz évben — egyre küzdve az osztrák elnyomó bürokráciával — az első obszervatórium révén fejlődésnek indult lassan a csillagászat tudománya cseh földön is. Természetesen a nép ebben az időben még igen távol állt attól, hogy tudománnyal foglalkozhasson, de a 19. század végére Csehországban is kialakult a proletariátus, és a szervezkedő cseh munkás már érzi, hogy harcához tudásra van szüksége.

Erről a hősi korról ír a második cikk szerzője, Luisa Landova Stychova, aki férjével, Jaroslav Stych mérnökkel együtt évtizedeken át maga is terjesztette a tömegek közt a csillagászati ismereteket és férjének szorgalmas munkatársa volt a Csehszlovák Csillagászati Társulat megalapításában. Ebben a cikkben nemcsak saját gazdag tapasztalatait adja át, hanem leszúri a tanulságokat is, megmutatja a jövő útját. Talán az egész könyv legérdekesebb része a cseh munkásság és a csillagászat közti kapcsolat fejlődésének hiteles története, egyben ragyogó példa arra, hogy a munkások, még a kapitalista elnyomás alatt is mennyire érdeklődnek a csillagászat iránt, és milyen szoros

kapcsolatban állhatnak általában a haladó tudománnyal. A tudásért vívott harc egyes lépéseire most nem térhetek ki, de érdemes röviden visszapillantani arra a nehéz útra, melyet a csillagászat lelkes népszerűsítői a 20. század elejétől napjainkig megtettek. Az önkéntes természettudományos előadókat, akik többnyire minden világnézeti alap nélkül, pusztán a babonák cáfolására szorítkozva beszéltek, először 1912-ben a Szocialista Monisták Szövetsége egyesítette. Ez a szövetség már a materialista világnézet alapján állt, és különösen csillagászati és biológiai ismeretek terjesztésével foglalkozott. Az első világháború alatt betiltották a Szövetség lapját és feloszlatták a Szövetséget, de a munkásosztály érdeklődését betiltani már nem lehetett.

Még 1915-ben, elsősorban Stych előadásainak hatására, mozgalom indult meg cseh földön Csillagászati Társulat és csillagász körök alapítása érdekében. 1916 januárjában meg is alakult az első csillagász kör, melynek tagjai munkások, tanuló vagy dolgozó fiatalok, tanítónők stb. voltak. Ez a kör később az öntudatos munkásosztály ellenállása vezető szervének, a Központi Munkástanácsnak legális fedőszerve lett. Másfél év múlva létrejött a Csehszlovák Csillagászati Társulat is, mely időről-időre szintén fedőszervéül szolgált a munkásmozgalomnak, de emellett nagyszabású népszerűsítő és felvilágosító munkát végzett, összekapcsolva forradalmi agitációval, hiszen a fordulatot az első világháború utánra várták.

A háború véget ért, de a várt fordulat nem következett be. Csehszlovákia önálló állam lett, de nem szocialista, hanem burzsoa köztársaság. A munkásosztály, mely az 1918 október 14-i sztrájkkal kiharcolta a köztársaságot, nem vette kezébe a hatalmat. A Csehszlovák Csillagászati Társulat hosszú időre állami támogatás nélkül maradt, sőt erősen harcolnia kellett legjogosabb követeléseinek teljesítéséért is. Így pl. évekig tartott, míg közadakozással sikerült megvetni egy népi csillagda alapjait Prága mellett, de a befejezéshez végkép hiányzott a megfelelő támogatás. Ameddig 1928-ban végre felépült Petrinben, Prága mellett, egy kis szerény csillagvizsgáló, a Társulat a már megvásárolt műszerekkel egy Prága-környéki barlangban volt kénytelen meghúzódni.

Csak a felszabadulás után kezdtek gombamódra szaporodni szerte az országban a népi csillagdák, úgyhogy ma már — mint az album képanyagából láthatjuk — igen sok cseh és szlovák városban építettek fel a dolgozók egy-egy kis csillagvizsgáló kupolát. Ezért mondotta nemrég dr. B. Sternberg, kiváló cseh szakember egy ünnepi vacsorán: „A Csehszlovák Csillagászati

Társulat megalapítói célkitűzéseikkel harminc évvel előzték meg korukat.”

A könyv cseh-, orosz- és angolnyelvű aláírásokkal ellátott képanyaga a cseh csillagászat ragyogó emlékműve. A kőkor-szakbeli üstökös képével kezdődik, majd középkori csillagászati kéziratok, könyvek, naptárak, falragaszok reprodukciói, híres csillagászok arcképei és érdekes részletek műveikből, csillagászati órák és távcsövek fényképei következnek. Külön képsorozatot szenteltek Hajek, Tycho Brahe, Kepler és Marek emlékének, valamint a Klementinum értékes múzeumának is. Nem érdektelen talán megjegyezni, hogy milyen hatalmas munkába került ennek az anyagnak az összeállítása, hiszen 1948-ig, a fordulat évéig, még képviselői segítséggel sem juthattak be a kutatók a kolostorok féltve őrzött archívumába, ahol a legérdekesebb dokumentumok feküdtek. A képek főrésze a könyv első cikkéhez kapcsolódik, kár, hogy a munkásosztály és csillagászat kapcsolatáról szóló dokumentumok csaknem teljesen hiányoznak.

Igen szép a képanyag másik fele is, mely az új csillagvizsgálók látképeit, valamint csillagászati felvételeket és egy gyönyörű, részletes Holdtérképet tartalmaz. A képek nyomán tehát a cseh csillagászatnak nemcsak múltjával, hanem jelenével is megismerkedhetünk, de sajnos cikkekben erről a jelenről kevés szó esik. A csillagászati felvételek közt szerepelnek a Skalnaté Plesói obszervatórium szép halmaz-képei, valamint üstökös és meteor felvételek, ködök, extragalaktikák, stb. A Holdtérkép igen részletes, amellelt könnyen használható, mert a Hold-felület minden egyes szektoráról készült felvétel mellett ott található a megfelelő térkép az összes elnevezésekkel.

Az egész könyv — mint dr. Q. Vetter professzor a „Rize Hvezd”-ben, a Csehszlovák Csillagászati Társulat lapjában írja — „a cseh csillagászati irodalom egyik büszkesége”, méltán megérdemli a csillagászat kedvelőinek érdeklődését az egész világon. Éppen ezért hasznos lett volna, ha a képaláírások mellett a cikkek fordítása vagy kivonata is szerepelne orosz és angol nyelven is. Ezen a hiányon kívánt segíteni Csillagászati Szakosztályunk lapja, a „Meteor”, amikor júniusi és júliusi számában folytatólag, teljes egészében leközölte a könyvben megjelent cikkek fordítását. Emellett a „Természet és Technika” 1953 júniusi száma képekkel ismertette ezt az albumot, úgy hogy most már csaknem teljes anyaga hozzáférhető a magyar olvasó számára is.

Almár Iván

AZ 1953. ÉVI SZOVJET CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYVEK (NAPTÁRAK)

A Szovjetunióban évenként több csillagászati évkönyv kerül kiadásra. A különböző terjedelmű és különböző színvonalú évkönyvek célja az, hogy a műkedvelő csillagászok, illetve a csillagászat tudományának különböző előképzettségű szimpatizánsai egyaránt megkapják a maguk évkönyvét.

1953-ban a leggazdagabb tartalommal az Összszövetségi Csillagászati és Geodéziai Társulat kiadásában szerkesztett csillagászati évkönyv jelent meg. Az évkönyv első részében az eфеmeridákat találjuk, de mindjárt megjeljük az azokhoz írt használati utasításokat is. Ez a rész tehát nagy szolgálatot tesz a kezdő, a kellő szakmai ismeretekkel nem rendelkező műkedvelőknek.

Az évkönyv második részében tanulmányokkal és beszámolókkal találkozunk. Ezek közül legértékesebb az a cikk, amely az elmúlt évek csillagászati eredményeit ismerteti. Az ebben a cikkben foglaltakkal külön foglalkozunk. Ezt az összefoglaló tanulmányt P. I. Popov professzornak az 1952 május 19—22-iki sztellárkozmozgóniai konferenciáról írt beszámolója követi. Ez a konferencia értékelte az ezzel a kérdéssel foglalkozó szovjet csillagászok (Ambarcumján, Krat, Kukarkin, Parenago, Voroncov-Veljaminov, Muszel, Martinov, Feszenkov, Maszjevics, Kozirev, Sajn, Melnyikov, Gurevics, Lebegyinszkij, Markarjan stb.) munkáját és egyben új kutatási célokat is jelölt ki. A konferencián részt vevők elhatározták, hogy új műszerekkel és újabb kutatási eljárásokkal fogják a csillagászatot még tovább fejleszteni.

Igen érdekes A. N. Dejcs professzor cikke, melyben a pulkovi obszervatórium helyreállításáról írt. A háború alatt a németek által teljesen lerombolt obszervatórium ma már újra felépült. A háború során sikerült megmenteni a passzázs műszert, a meridián kört, a Zenit teleszkópot, valamint a 30 és 15 hüvelykes refraktorok, illetve a normál asztrográf legértékesebb részét; azok objektívjeit. Ugyancsak sikerült megmenteni a nagyszámú negatívot, illetve „üveg könyvtárat”, ahogy azt Dejcs professzor találóan nevezi. A cikk további részében Dejcs professzor röviden ismerteti a pulkovi obszervatórium munkáját és nemzetközi jelentőségét. Végül rátér arra, hogy az obszervatórium újbóli felszerelése (horizontális teleszkóp, Makszutov-féle meniszkusz-teleszkóp, kromoszféra-teleszkóp, interferométer, asztrográf stb.) rövidesen a csillagászati kutatások egyik fellegvárává fogják emelni az intézetet.

Az évkönyv végén bibliográfiát találunk, amely részletezi a különböző tárgykörökben (tudomány történet, hazai tudósok életrajza, monografikus jellegű munkák, tankönyvek, kézikönyvek stb.) megjelent újabb könyveket.

Az Ukrán Tudományos Akadémia szerkesztésében is megjelent egy kisebb terjedelmű csillagászati évkönyv (Kratkij asztronomiczeszkij kalendar na 1953 god). Ebben az évkönyvben is több cikket találunk a szokásos eferemidák után. Mindekelőtt megemlékezik a könyv a csillagászat történetének az 1953. évre eső legnevezetesebb évfordulóiról. Ezt Tyihovnak a Mars növényzetéről írt cikke követi. Megtudjuk a cikkből, hogy a Tyihov felfogásával szemben felhozott ellenvetések egyre sokasodnak. Tyihov elmélete ellen különböző szerzők a következő ellenvetéseket tették:

1. A Mars növénytakarója nem szórja szét az infravörös sugarakat.

2. Nem lehet kimutatni a klorofil elnyelési sávját.

3. A marsbeli növények nem zöld, hanem kék színűek.

4. A bolygónak igen zord az éghajlata.

5. A Marson kevés a víz.

6. A Mars légkörében igen kevés az oxigén.

7. A Mars légkörében nincs ózon, amely elnyelné az élő szervezetekre pusztító hatással levő rövidhullámú ibolyántúli sugarakat.

Tyihov az ellenvetésekre földi analógiákkal válaszol és pontról-pontra megcáfolja azokat.

Az évkönyv zárócikkében Sz. V. Drozdov ismerteti Sz. P. Glazenap professzor eljárását, amellyel a földrajzi koordinátákat egy úgynevezett nap-gyűrű segítségével egyszerű módon meg lehet határozni.

A Szovjet Tankönyvkiadó Vállalat szerkesztésében évenként meg szokott jelenni egy iskolások részére írt csillagászati nap-tár is. Az 1952. évi évkönyv az efemeridákon kívül kisebb cikkeket is közöl. Az ifjúság számára teljesen hozzáférhető, népszerű módon ismerteti a csillagászat legújabb eredményeit. Utána ez az évkönyv is közli a legnevezetesebb csillagászat-történeti évfordulókat. Végül tartalmazza az 1950-ben megjelent csillagászati tárgyú népszerű irodalmat.

A könyv mellékleteként egy napfogyatkozási (1952. II. 25.) térképet közöl.

A könyv mintául szolgál arra vonatkozólag, hogy miképen kell az ifjúság részére tudományos színvonalú, de mégis népszerű, szórakoztató jellegű csillagászati évkönyvet szerkeszteni.

Zerinváry Szilárd

A CSILLAGÁSZAT TÖRTÉNETÉNEK LEGFONTOSABB ESEMÉNYEI IDŐRENDI ÁTTEKINTÉSBEN

<i>Évszám</i>	<i>Esemény</i>
I. e. 3000 körül	Csillagászati megfigyelésekre vonatkozó első feljegyzések Kínában, Egyiptomban, Babilonban.
I. e. 1100	Az ekliptika és az egyenlítő hajlásszögének meghatározása (Csu Kong kínai csillagász).
I. e. 7—6. század	A Szárosz — a napfogyatkozások ciklusának — megállapítása Babilonban.
I. e. 11. század	Megszületik a Föld gömbalakú voltát hirdető tanítás (Pithagorász görög tudós).
I. e. 585.	Napfogyatkozás Görögországban, amelynek bekövetkezését a miletoszi Thalész görög filozófus előre megállapította.
I. e. 440.	A Hold és a Nap mozgásán alapuló naptár összeállítása (Meton görög csillagász).
I. e. 4. század	Si Sen kínai csillagász összeállítja az első csillagkatalógust, amely 400 objektumot tartalmaz.
I. e. 4. század	Megszületnek az első kísérletek a bolygómozgások magyarázatára, amelyeket koncentrikus gömbök segítségével képzeltek el (knidoszi Eudoxosz görög matematikus és csillagász).
I. e. 4. század	Arisztotelésznek „Az égboltozatról” című könyve összefoglalja a régi görögök csillagászati ismereteit.
I. e. 3. század	Eratoszthenész görög csillagász első ízben határozza meg mérések útján a földgömb méreteit.
I. e. 3. század	A szamoszi Arisztarchos görög csillagász első ízben kísérli meg meghatározni a Napnak és a Holdnak a Földtől való távolságát. Megszületik a héliocentrikus világregndszer eszméje.
I. e. 3. század	Archimédész görög matematikus első ízben méri meg pontosan a Nap látszó szögátmérőjét.

- I. e. 3. század Hipparchosz görög csillagász összeállítja a Nap és a Hold mozgásának első táblázatait. Felfedezi a precessziót, azaz a napéjegylenlőségi pont előrenyomulásának jelenségét. Olyan csillagkatalógust állít össze, amely 1022 csillag ekliptikus koordinátáit tartalmazza, és a csillagokat fényük alapján 6 osztályba sorozza.
- I. e. 2. század Apolloniosz és Hipparchosz görög tudósok kidolgozzák az epiciklusok elméletét.
- I. e. 46. Szoszigenész görög csillagász tanácsára bevezetik Rómában a (régi stílusú) julianus naptárt.
- I. u. 2. század Ptolemaiosz görög csillagász közzéteszi „Almagest” című könyvét, amely az epiciklusok elméletének alapján tartalmazza a Nap, a Hold és a bolygók mozgásának táblázatait, továbbá kifejti a geocentrikus világrendszer elméletét és közli a Hipparchosz-féle csillagkatalógust.
827. Mamun bagdadi kalifa parancsára fokmérést végeznek a Tigris és az Eufrates között a dél-köríven.
- 10—11. század Ibn-Junisz arab csillagász összeállítja a haka-mita csillagászati táblázatokat.
11. század első fele Biruni horezmi tudós közzéteszi az időszámításra vonatkozó traktátusát, és meghatározza a Föld egyik körének hosszát.
1252. Egy Spanyolországban működő csillagászcsoporthoz állítják az Alfonsz kasztíliai király nevéhez fűződő csillagászati táblázatokat.
1371. Orosz krónikások feljegyzik a napfoltokat.
1543. Megjelenik Mikolaj Kopernik lengyel csillagász híres munkája, a „De revolutionibus orbium caelestium”, amely a heliocentrikus világrendszert hirdeti.
1582. Nyugat-Európa számos országában bevezetik (az újstílusú) gregoriánus naptárt.
16. száz. vége Tycho de Brahe dán csillagász megfigyeli a Mars mozgását; ezek a megfigyelések a legpontosabbak, amelyeket a távcső feltalálása előtt végeztek.
1584. Megjelenik Giordano Bruno olasz filozófus és csillagász dialógusa „A világegyetem és a világok végtelenségéről”.
1600. febr. 17. Giordano Bruno olasz filozófus és csillagász, akit a katolikus egyházi törvényszék máglyahalálra ítélt, vértanúhalált halt.

1603. I. Bayer német csillagász kiadja az első csillagatlaszt, amely a fényes csillagokat görög betűkkel jelöli.
- 1609—1610. Galileo Galilei olasz tudós első csillagászati megfigyeléseit végzi a távcső segítségével.
- 1609—1619. J. Kepler német csillagász megállapítja a bolygók napköri keringésének törvényeit.
1610. jan. 7. Galileo Galilei felfedezi a Jupiter négy legnagyobb holdját.
1617. Snellius holland geodéta feltalálja a háromszögellés eljárását.
1632. Galileo Galilei olasz csillagász kiadja a „Diálogo a két legfőbb világrendszerről, a ptolemaioszi és kopernikuszi rendszerről” című művét.
1633. jún. 22. Az inkvizíció törvényt ül Galileo Galilei olasz tudós felett.
1647. Megjelenik J. Hevelius lengyel csillagász „Selenográfia” című könyve, amely részletesen leírja a Hold felületét.
1656. Chr. Huygens holland fizikus feltalálja az ingaórát.
- 1656—59. Chr. Huygens felfedezi a Szaturnusz gyűrűjét.
1666. Dominico Cassini francia csillagász felfedezi a Mars és a Jupiter tengelyköri forgását.
1669. Picard francia csillagász a szögmérő műszereket távcsővel szereli fel.
1672. Richet és Jean Cassini francia csillagászok első ízben határozzák meg a Nap parallaxisát.
1675. O. Römer dán csillagász a Jupiter-holdak fogyatkozásainak megfigyelése alapján meghatározza a fény terjedési sebességét.
1678. E. Halley angol csillagász összeállítja a déli félgömb égboltozatának csillagkatalógusát.
1687. Megjelenik I. Newton angol tudós „A természetfilozófia matematikai alapjai” című könyvének első kiadása, amely magában foglalja a racionális mechanika alapjait és az általános gravitáció törvényének igazolását.
1705. E. Halley angol csillagász felfedezi a periódikus üstökösöket.
1718. Halley felfedezi a csillagok saját mozgását.
1725. J. Flamsteed angol csillagász összeállítja az első nagy csillagkatalógust.
1725. I. Péter megalapítja Pétervárott a Tudományos Akadémia csillagászati obszervatóriumát.

- 1725—28. J. Bradley angol csillagász felfedezi a fény aberrációját.
1743. L. Clairaut francia matematikus „A Föld alakjának elmélete” című könyvében megalapozza a Föld alakjának elméletét és a gravimetriát.
1747. J. Bradley felfedezi a nutáció jelenségét.
1749. J. D'Alembert francia matematikus az általános gravitáció törvényének alapján kidolgozza a processzió és nutáció jelenségének elméletét.
- 1753—72. L. Euler kiváló matematikus és csillagász kidolgozza a Hold mozgásának elméletét.
1755. Immanuel Kant német filozófus közzéteszi az első kozmogóniai hipotézist.
1758. L. Clairaut előzetes számításainak megfelelően visszatér a Halley-üstökös.
1758. J. Dolland angol optikus feltalálja az akromatikus objektívet.
1759. május 8. M. V. Lomonoszov megtartja „Értekezés a tengeri út nagy fontosságáról” című beszédét, amely számos eredeti tengerészeti csillagászati eszköz tervét tartalmazza.
1761. május 26. M. V. Lomonoszov orosz tudós felfedezi a Vénusz bolygó atmoszféráját.
1762. M. V. Lomonoszov feltalálja a kiegészítő tükrök nélküli reflektort.
- 1774—1798. N. Maskelyne és H. Cavendish angol tudósok meghatározzák a Föld közepes sűrűségét.
1781. május 13. William Herschel angol csillagász felfedezi az Uránusz-bolygót.
1785. William Herschel felfedezi a Nap térbeli mozgását.
1787. J. Harrison angol mechanikus feltalálja a tökéletesített kronométert.
18. sz. vége W. Herschel angol csillagász munkásságának eredményeként megszületik a sztellársztro-nómia.
1794. E. F. Chladni cseh tudós megállapítja számos meteorit kozmikus eredetét.
1796. P. S. Laplace francia csillagász közzéteszi tudományosan megalapozott kozmogóniai hipotézisét.
1797. G. Olbers német csillagász tökéletesíti az üstökőpályák meghatározásának módszerét.
1799. P. S. Laplace kiadja „Égi mechanika” című munkájának első két kötetét, amely a bolygók perturbált mozgásának általános elméletét és

- a nem szilárd halmazállapotú bolygók alakjának elméletét tartalmazza.
1801. jan. 1. Piazzí olasz csillagász felfedezi (az első kis bolygót (a Cerest)).
- 1806—1817. I. Fraunhofer német optikus tökéletesíti az akromatikus objektíveket és első ízben méri meg a napszínkép vonalainak hullámhosszát.
1809. Megjelenik C. F. Gauss német matematikus és csillagász „Az égitestek kúpszeleteken való mozgásának elmélete” című könyve.
- 1816—55. V. J. Sztruve orosz csillagász vezetésével a Föld alakjának és méreteinek meghatározása céljából az Északi Jeges tengertől a Dunáig fokmérést végeznek.
- 1835—1840. V. J. Sztruve, orosz, F. Bessel német és T. Henderson angol csillagászok végrehajtják a csillagok évi parallaxisára vonatkozó első méréseket.
1839. aug. 19. Megkezdli működését a pulkovói csillagászati obszervatórium.
1844. F. Bessel német csillagász felfedezi a Sirius és a Prokyon csillagok kísérőit.
1844. G. Schwabe német csillagász megállapítja a napfoltok gyakoriságának periodicitását.
1846. szept. 23. Galle német csillagász Leverrier francia csillagász számításai alapján felfedezi a Neptunuszt.
1847. V. J. Sztruve orosz csillagász megállapítja, hogy a csillagközi térben fényelnyelő anyag foglal helyet.
1850. William Parsons (lord Ross) skót csillagász megállapítja bizonyos ködök spirális struktúráját.
- 1852—62. Argelander német csillagász összeállítja „Bonner Durchmusterung” című csillagkatalógusát.
- 1857—61. D. N. Perevodscikov orosz csillagász kutatja a 7 nagybolygó szekuláris perturbációit.
- 1859—60. A színképelemzés felfedezésének eredményeként létrejött az asztrofizika (Kirchhoff német fizikus, A. Secchi olasz és W. Huggins angol csillagász).
1860. M. A. Kovalszkij orosz csillagász kidolgozza a csillagrendszer forgásának elméletét.
1862. F. A. Bregyihin orosz csillagász hozzáfog az üstökösök fizikai természetének tanulmányozásához.
1868. P. Janssen francia csillagász és N. Lockyer angol csillagász felfedezi teljes napfogyatko-

- zás idején a napszínképben megjelenő fényes vonalakat és feltalálja a protuberanciák napfogyatkozástól független megfigyelési módszerét. N. Lockyer felfedezi a Nap színképében a héliumot.
- 1875—76. Friedrich Engels elsőként fogalmazza meg az anyag örök körforgásának eszméjét a világ-egyetemben, amely a Föld keletkezéséhez vezetett, továbbá a Földön és más bolygókon az élet keletkezését idézi elő.
1877. F. A. Bregyihin orosz csillagász osztályozza az üstökösök csóváját.
1877. D. Schiaparelli olasz csillagász részletes vizsgálat tárgyává teszi a Mars bolygó felületét.
1877. D. Schiaparelli megállapítja a meteorrajoknak az üstökösökkel való összefüggését.
- 1879—81. G. Darwin angol matematikus és fizikus kidolgozza dagályelméletét és a Hold keletkezésére vonatkozó hipotézisét.
1884. Fleming kanadai mérnök javaslatot tesz a zónaidő bevezetésére.
1887. Megindul az égbolt fényképészeti úton készített térképének összeállítására irányuló munka.
1888. Küstner német csillagász felfedezi a Föld pólusainak „ingadozását”.
1889. Moore amerikai csillagász felfedezi az első színképi kettős csillagot.
1891. Chandler amerikai csillagász felfedezi a Föld forgási pólusainak periódikus mozgását.
1894. A. A. Belopolszkij orosz csillagász bebizonyítja, hogy a Szaturnusz gyűrűjének meteorit-struktúrája van.
- 1894—99. A. A. Belopolszkij orosz csillagász felfedezi a változó csillagok radiális sebességének ingadozását, és tapasztalati úton igazolja, hogy a fényforrás mozgása esetén hullámhossza megváltozik.
1895. V. K. Ceraszkij orosz csillagász egy nagy gyújtótükörrel végzett kísérletei alapján meghatározza a napfelület hőmérsékletének alsó határát.
- 1903—05. V. K. Ceraszkij fotometriai úton meghatározza a Nap látszólagos csillagnagyságrendjét.
- 1906—12. Hertzsprung holland csillagász és Russel amerikai csillagász megállapítják törpe csillagok és óriás csillagok létezését.

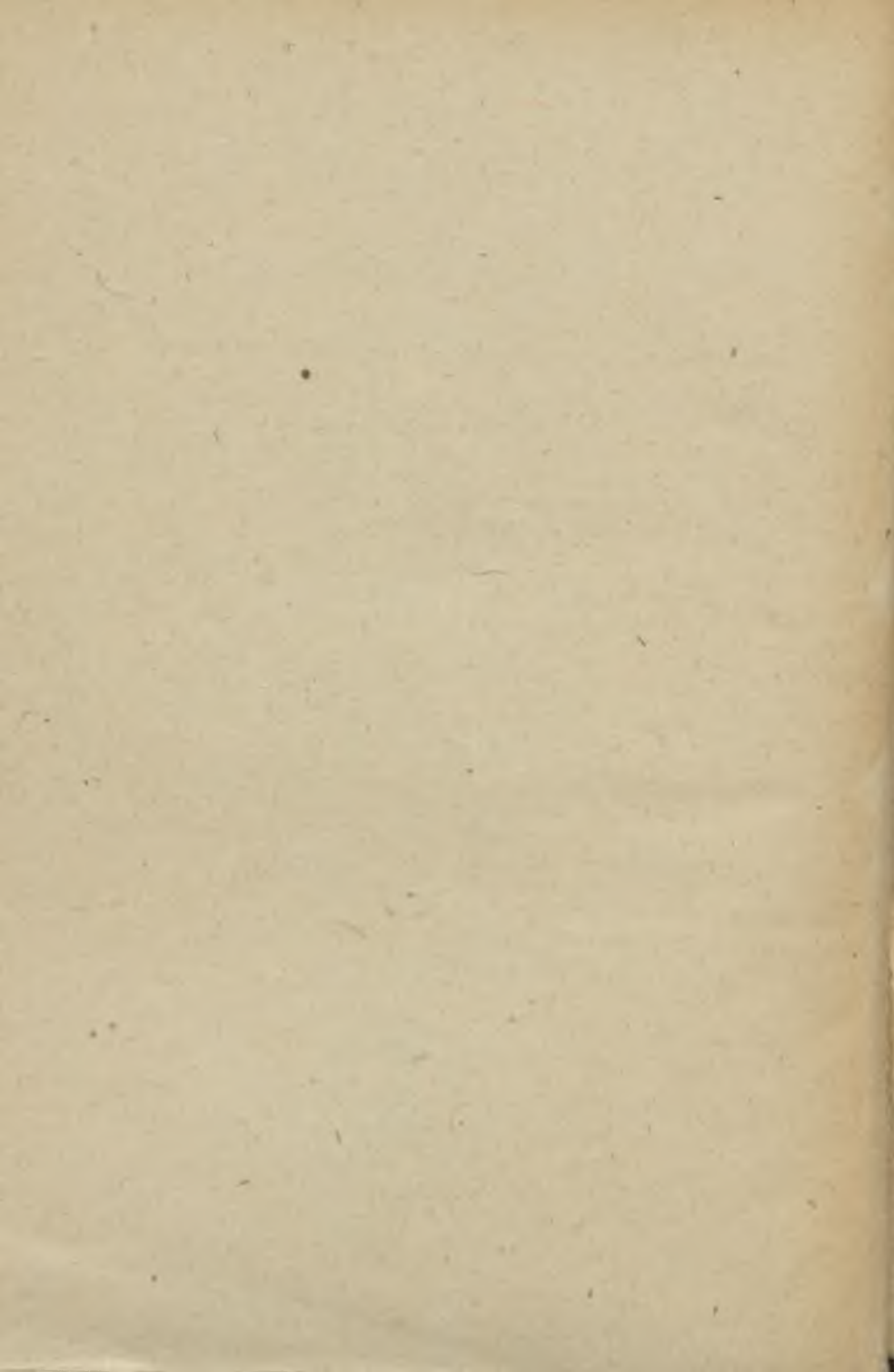
1908. Leavitt amerikai csillagásznő megállapítja a cepheida változó csillagok periódusa és azok abszolút csillagnagyságrendje közti összefüggést.
1908. Hale amerikai csillagász felfedezi a napfoltok körüli mágneses teret.
1908. jún. 30. A tunguz-meteorit leesése.
1909. G. A. Tyihov orosz csillagász elkészíti az első színszűrővel készült Mars-felvételeket.
1909. Scheiner és Wilsing német csillagászok elvégzik a csillagok hőmérsékletére vonatkozó első méréseket.
1910. K. Schwarzschild német csillagász közli a sztellárstatisztika alapegyenletének általános megoldását.
1914. Megjelenik V. G. Feszenkov orosz csillagásznak az állatövi fény elméletével kapcsolatos első munkája.
1914. W. Adams amerikai csillagász és Kohlschütter német csillagász eljárást fedeznek fel a csillagok távolságának (parallaxisának) szinképük alapján való meghatározására.
1916. A. Eddington angol csillagász megkezdi a csillagok belső szerkezetére vonatkozó elméleti kutatásait.
1918. Shapley amerikai csillagász kutatás tárgyává teszi a csillaghalmazok rendszereit.
1919. A. Eddington angol csillagász első ízben figyeli meg a fénysugaraknak a Nap gravitációs terében való elhajlását.
1920. Michelson és Pearce amerikai tudósok első ízben mérik meg interferométer segítségével a csillagok átmérőjét.
1920. A Nemzetközi Csillagászati Unió megalapítása.
1924. Hubble amerikai csillagász bebizonyítja a mi Galaktikánkhoz hasonló más csillagrendszerek létezését.
- 1926–43. Sz. V. Orlov szovjet csillagász kidolgozza az üstökösökkel kapcsolatos jelenségek modern mechanikai elméletét és az üstökösök fizikájának kérdéseit.
1927. G. A. Sajn szovjet csillagász és O. Sztruve amerikai csillagász felfedezik a csillagok forgását.
1927. Oort holland csillagász tanulmányozza a Tejútrendszer forgását.
- 1927–32. V. A. Ambarcumján szovjet csillagász és

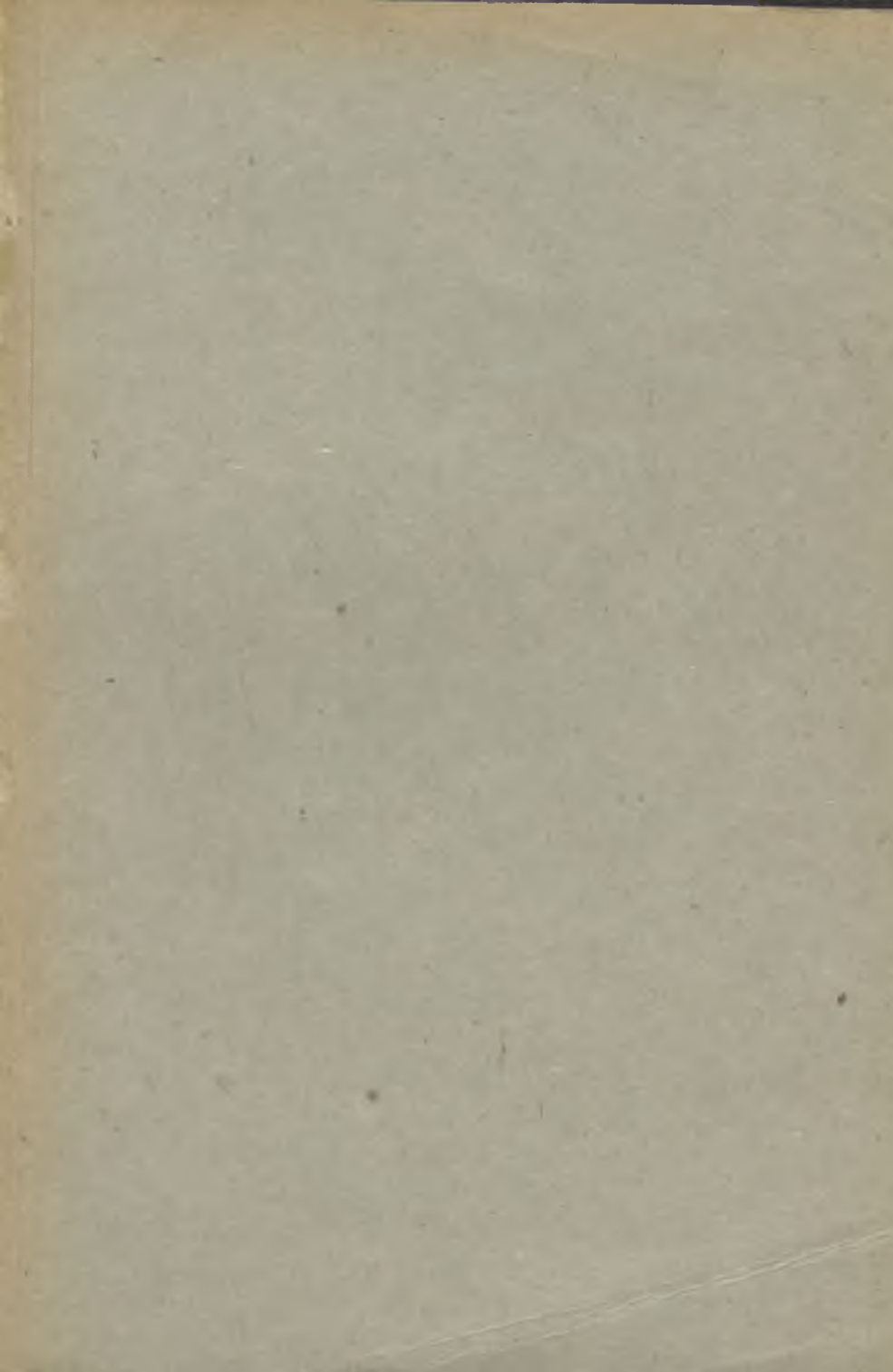
- Zanstra holland csillagász kidolgozzák a gáz-ködök fizikai elméletét.
1930. márc. 13. Tombaugh amerikai csillagász Lowell amerikai csillagász számításai alapján felfedezi a Plutó bolygót.
1930. Lyot francia csillagász kidolgozza a napkorona napfogyatkozástól független megfigyelési módszerét.
1934. Megjelenik V. G. Feszenkov szovjet csillagásznak az éjszakai égbolt fényével és az állatövi fény tanulmányozásával foglalkozó munkája.
1937. V. A. Ambarcumján és más szovjet asztrofizikusok megállapítják, hogy a világos és sötét porködök azonos természetűek.
- 1938–1947. V. A. Ambarcumján és más szovjet csillagászok bebizonyítják, hogy a különböző csillagok Galaktikánkban és a többi galaktikában különböző korúak, és különböző fejlődési utakon mentek át.
1939. G. A. Sajn szovjet asztrofizikus kutatás tárgyává teszi a csillagok atmoszférájában előforduló izotopokat.
1940. F. N. Kraszovszkij és A. A. Izotov szovjet geodéták — elsősorban a Szovjetunióban végzett fokmérések alapján — megállapítják a Föld ellipszoid-adatait.
1941. D. D. Makszutov szovjet optikus feltalálja a meniszkus-távcsövet és a meniszkusz-rendszerű optikai eszközöket.
- 1944–48. V. G. Feszenkov szovjet csillagász kutatás tárgyává teszi a bolygóközi anyagot, megalkotja az állatövi fény elméletét, fotometriai és spektrális kutatásokat végez az ellenfény jelenségével kapcsolatban.
1946. A Holdnak a Földtől való távolságát elsősorban határozzák meg rádiólokáció útján.
1947. febr. 12. A szihote-alinszki meteorit leesése.
1947. V. A. Ambarcumján szovjet csillagász felfedezi a csillagtársulások létezését.
1948. A. A. Kalinyak, V. M. Kraszovszkij és V. B. Nyikonov szovjet tudósok vörösőnnel sugárakban végzett megfigyeléseket végeznek a Galaktika magjáról.
1949. G. A. Sajn szovjet asztrofizikus a hidrogén H α vonalának fényében megfigyeléseket végez a ködökkel kapcsolatban.

TARTALOMJEGYZÉK

A Nap és a Hold fontosabb adatai	4
A szabadszemmel látható bolygók koordinátái és látszólagos sugara 0 ⁿ világidőkor	28
A Jupiter-holdak fogyatkozásai	34
A nappal és szürkület tartama Magyarországon	56
A Sarkcsillag felső delelésének ideje közép-európai zónaidőben és azimútja Budapesten	61
A Budapesten látható csillagfedések	62
A fényesebb csillagok fontosabb adatai	64
A csillagos ég az 1954. évben	67
Detre László: A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének működése az 1952. évben	79
Sinka József: A bemutató csillagdák működése az 1953. évben	87
Róka Gedeon: Csillagászat és dialektika	96
Herczeg Tibor: Az égitestek rádiófrekvenciás sugárzása	127
Guman István: Távolságmérés a változó csillagok segítségével	159
Dezső Lóránt—Gerlei Ottó: A naptevékenység és a bolygók	167
Csada Imre: A csillagok mágnessége	171
Izsák Imre: A háromtestproblémáról	176
Zerinváry Szilárd: A szovjet csillagászat új eredményei	192
K. F. Ogorodnyikov: Csillagászat	225
Csada Imre: A csillagászat egy jövőendő műszere, az elektromikus távcső	253
Pontos időmeghatározás a rádióidőjelek segítségével	257
Almás István: Könyvismertetés	261
Az 1953. évi szovjet csillagászati évkönyvek (naptárak)	267
K. F. Ogorodnyikov: A csillagászat történetének legfontosabb eseményei időrendi áttekintésben	269







Ára: 20,50 Ft